

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Продан Богдан Шихахмедович
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(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 процесів управління випалюванням керамічних виробів

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
2021

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

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Продан Б.Ш. академічної групи 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація процесів управління випалюванням керамічних виробів

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільність витрат на створення системи керування.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис п. конс.)

проф. Ткачов В.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Продан Б.Ш.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить __ стор., __ рис., __ табл., __ дод., __ лист графічного матеріалу формату А4 та __ листи формату А2.

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є закони автоматичного керування процесом випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання тунельної печі за рахунок вдосконалення алгоритму автоматичного керування.

На основі аналізу процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі як об'єкта автоматичного керування запропоновано у якості апаратного забезпечення використати контролер VIPA з необхідними модулями вводу-виводу і модулями живлення.

Дослідження динамічних властивостей процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі виконано за допомогою розробленої імітаційної моделі об'єкта керування, в якій встановлені аналітичні зв'язки не тільки між керованою й керуючою величиною, а й між керованою величиною та збуренням. Дослідження показали, що процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі є складним об'єктом для керування через нелінійність статичної характеристики та нестационарність параметрів моделі.

Розглянуто комплекс питань щодо економіки та охороні праці.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ,
АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИПАЛЮВАННЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ,
ТУНЕЛЬНА ПІЧ, ТИСК ГАЗО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ**

ЗМІСТ

Зміст	4
Список скорочень.....	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості	9
1.2 Технологічний процес	11
1.3. Об'єкт керування.....	14
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління.....	14
1.3.2 Структура об'єкту управління	16
1.3.3. Принцип функціонування об'єкту керування.....	16
1.4 Формулювання задачі дослідження	19
1.5 Висновки по розділу	20
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	22
2.1 Розробка структурної схеми системи управління	22
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	23
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління	24
2.3.1 Вибір датчиків	24
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	25
2.3.3 Вибір пристроїв управління	27
2.3.4 Вибір джерел живлення.....	30
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	32
2.5 Розробка схеми електричної принципової	33
2.6 Висновки по розділу	34
3 Визначення моделі об'єкта керування	36

	5
3.1 Створення імітаційної моделі об'єкта керування	36
3.2 Дослідження динамічних властивостей об'єкта керування	41
3.3 Висновки по розділу	47
4 Економіка	49
4.1 Розрахунок капітальних витрат	49
4.1.1 Вартість комплектуючих системи	49
4.2 Експлуатаційні витрати	50
4.2.1 Амортизація обладнання	50
4.2.2 Вартість електроенергії	50
4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати	50
4.2.4 Відрахування на соціальні заходи	51
4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт	51
4.2.6 Визначення інших витрат	52
4.3 Висновки по розділу	52
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	53
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	54
5.2.1 Заходи забезпечення електричної безпеки	54
5.2.2 Рівень шуму на робочому місці	57
5.3 Пожежна профілактика	58
5.4 Заходи з ергономіки	60
5.4.1 Раціональна організація робочого місця	60
5.4.2 Режим відпочинку та праці	61
5.5 Висновки по розділу	62
Висновки	63
Перелік посилань	65
Додаток А	68

Додаток Б.....	6
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	69
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	70

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- КР – кваліфікаційна робота;
САК – система автоматичного керування;
ОК – об'єкт керування;
ГПС – газо-повітряна суміш;
ПЛК – програмований логічний контролер;
НГ – нагріті газу;
ДГ – димові газу.

ВСТУП

На обсяг випуску в Україні певних керамічних виробів (керамічні плитки, цегли тощо) значний вплив здійснює будівельна галузь – саме від темпів її розвитку залежить обсяг виготовлення будівельних матеріалів. А будівельна галузь є одна з найбільш перспективних в Україні, для її розвитку є усе необхідне – багато природних ресурсів для виготовлення будівельних матеріалів, та досить застарілий житловий фонд країни, що потребує масштабної модернізації.

Виробничі підприємства термічної обробки керамічної цегли мають високу енергоємність, що обумовлює значні економічні витрати на випал (наприклад, в тунельній печі витрати газоповітряної суміші становлять близько 30 000 м³/добу на 138 тис. од./добу цегли). Тому зниження енерговитрат за рахунок вдосконалення алгоритмів автоматичного керування технологічними процесами є однією з важливих задач при виробництві будівельних матеріалів.

За умови автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалу тунельної печі маємо об'єкт керування зі складними динамічними властивостями через наявність непередбачуваного збурення, що впливає на динамічні властивості, а також через нелінійність статичної характеристики за каналом «керуючий вплив – керована величина». Тому поставлено за мету з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм дослідити динамічні властивості тунельної печі як об'єкта автоматичного керування, провівши ідентифікацію об'єкта керування за статичними та динамічними характеристиками як за каналом «керуючий вплив – керована величина», так і за каналом «збурюючий вплив – керована величина» з метою подальшого синтезу регулятора тиску газо-повітряної суміші у зоні випалу печі.

За результатами аналізу тунельної печі як об'єкта автоматизації треба розробити апаратне забезпечення системи автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалу печі.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

На обсяг випуску в Україні керамічних виробів) значний вплив здійснює будівельна галузь – саме від темпів її розвитку залежить обсяг виготовлення будівельних матеріалів.

Для усіх керамічних виробів за останні роки простежувався загальний тренд, який розглянемо на прикладі вироблення керамічної плитки [5] (рис. 1.1).

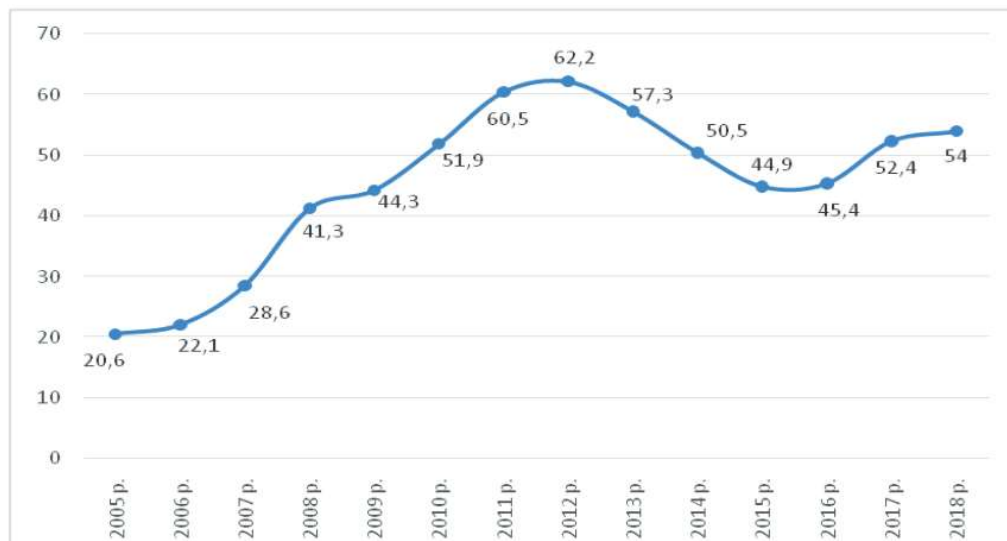


Рисунок 1.1 – Статистика виробництва керамічної плитки в Україні [2]

З рис. 1.1 можна побачити, що починаючи з 2012 р. виробництво керамічної плитки в Україні характеризується негативною динамікою. У 2014 році обсяг виробництва плитки керамічної знизився на 11,9 % порівняно з показниками 2013 р., і становив 50,5 млн. м². У 2015 році ця тенденція продовжилася, і виробництво керамічної плитки в Україні знову знизилося на 11 % порівняно з 2014 роком. Таким чином, за період 2012-2015 років виробництво керамічної плитки скоротилося на 27,8 % або на 17,3 млн. м². Це, передусім, пов'язано зі значною політичною та економічною кризою, що сталася у ці роки, а також з кардинальним перерозподілом ринку експорту. За ці роки спостерігалось суттєве зменшення економічної активності населення, й відповідно, попиту у будівельній галузі.

Починаючи з 2015 року, з'явилася незначна тенденція у сторону збільшення об'ємів виробництва керамічних виробів (рис. 1.1). Це було пов'язано з відкладеним очікуванням бізнесу щодо початку нових проектів у будівельній галузі. Будівельна галузь є одна з найбільш перспективних в Україні, для її розвитку є усе необхідне – багато природних ресурсів для виготовлення будівельних матеріалів, та досить застарілий житловий фонд країни, що потребує масштабної модернізації.

Але, тенденція щодо зростання будівельної галузі та обсягів виробництва будівельних матеріалів (як і керамічних виробів) за останні декілька років практично зникла. Так, за три місяці 2020 року було вироблено 226,2 тис. кубометрів цегли керамічної (на 12,2% менше, ніж за січень-березень 2019 року) [7]. А взагалі за минулий рік було вироблено 1,43 млн кубометрів цегли керамічної (на 19,2% менше, ніж за 2019 рік) [8].

Це пов'язано зі значним сповільненням темпів реформ в Україні та розчаруванням бізнесу щодо сподівання появи прозорого й чесного ринку та правил гри в країні. Але, будівельна галузь, як і галузь виробництва будівельних матеріалів (у тому числі керамічних виробів), з урахуванням вищенаведених факторів, надовго будуть залишатися одним з найбільш перспективних напрямів розвитку економіки України.

Як там не було, а галузь виробництва керамічних виробів в Україні залишається досить потужною. Наприклад, найбільшими виробниками цегли в Україні є ТзОВ «КерамБуд» (Львівська обл.), ТОВ «Кузьминецький цегляний завод» (Київська обл.), ТОВ «Керамейя» (Суми), ЗАТ з П «СБК» (Сумська, Київська обл.). ТОВ «Білоцерківські Будматеріали» (Київська область, м. Біла Церква — Білоцерківська цегла). Щодо виробництва керамічної плитки, то у 2018 році українська керамічна промисловість складалася з 8 основних компаній і зросла на 3% у порівнянні з попереднім роком, досягнувши 54 млн м² [5].

Отже, з оглядом на це, автоматизація процесів виготовлення керамічних виробів в Україні з метою підвищення продуктивності підприємств та якості виготовленої ними продукції дійсно є актуальним питанням.

1.2 Технологічний процес

Розглянемо технологію випарювання керамічних виробів на прикладі керамічної цегли.

Процес випарювання – це лише один з багатьох етапів технології виготовлення керамічної цегли (див. рис. 1.2). Цей процес має місце після спресовування та сушки штучних виробів у формах (поз. 17 та 25 на рис. 1.2), а після нього виріб поступає на пакування та складування (29 на рис.1.2) [9].

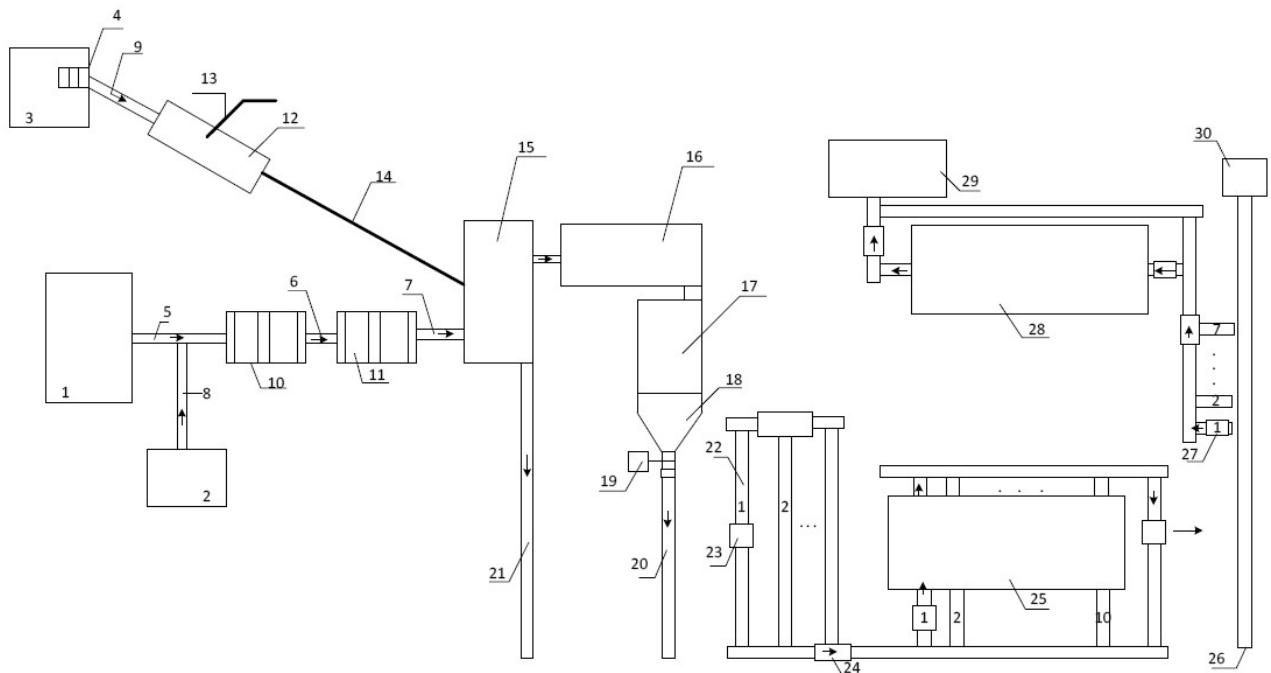


Рисунок 1.2 – Технологічна схема виготовлення керамічної цегли:

Технологічна схема виготовлення керамічної цегли, містить наступні складові:

- сировинні склади – 1, 2, 3;
- дробарка – 4;
- стрічкові транспортери – 5-9, 20, 21, 26;
- вальці грубого і тонкого помелу – 10, 11;
- млин – 12;
- вода – 13;
- труба – 14;
- змішувачі глини – 15, 16;

- вакуумний прес – 17;
- мундштук – 18; однострунний різальний напіваавтомат – 19;
- рейки – 22;
- вагонетка – 23;
- електролафети – 24;
- сушильна камера – 25;
- обпалювальна платформа – 27;
- тунельна піч – 28;
- склад готової продукції – 29;
- бункер відходів – 30.

Тепловий процес випалювання (випалу) керамічної цегли в тунельній печі за температурним режимом розділений на три періоди: підготовку, випал та охолодження. Кожен період в тунельній печі описується певним фізико-хімічним процесом, який відбувається в керамічному виробі. Необхідно дотримуватися чітких вимог до температурного режиму і тривалості випалу на кожній позиції печі, оскільки якість отриманих виробів залежить від правильності протікання цих процесів. Основною характеристикою випалу керамічної цегли є температурний режим, тобто залежність між температурою випалу і його часом (тривалістю), а графічно він представляє собою температурну криву або криву випалу (рис. 1.3).

Процес нагріву, випалу і охолодження керамічних виробів вимагає певного часу, оскільки протікають декілька фізико-хімічних процесів, від яких безпосередньо залежить якість виробу. Також важливо враховувати значення температури маси самих керамічних виробів. У практичних умовах визначити ці температури не представляється можливим і доводиться застосовувати температуру середовища, в якій відбуваються процеси нагрівання, випалювання та охолодження. Режим термічної обробки виробів залежить від температури середовища (пічного простору), де відбуваються теплові процеси в печі. У зоні охолодження температура керамічного виробу буде більш гарячою, ніж продукти горіння, а в зоні нагріву – холодніше. Температурою печі в зоні

випалу є не температура власного полум'я газових пальників, розташованих по зоні випалу, а середня температура продуктів згоряння видимого палива.

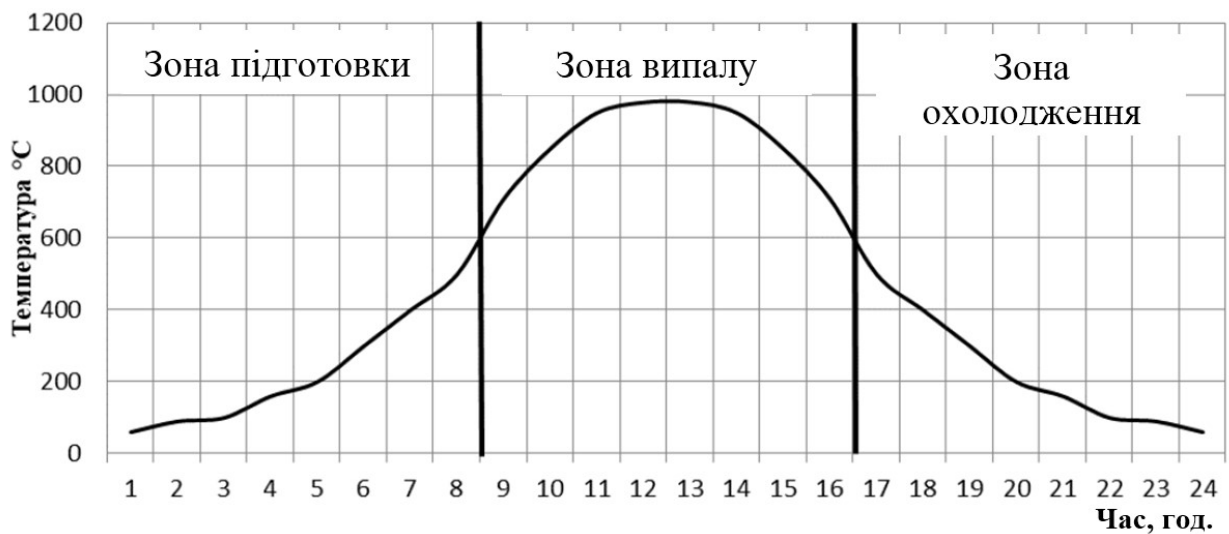


Рисунок 1.3 – Температурний графік процесу виробництва керамічної цегли в тунельних печах

Тунельна піч працює на газоподібному паливі (природний газ). Повітря подається і регулюється вентиляторами, розташованими в зоні випалу. У зоні підготовки температура підвищується до 600 °C. Температура в зоні випалу підтримується в межах від 950 °C до 1 000 °C. У зоні охолодження температура становить від 60 °C до 80 °C. Технологічний цикл виробництва цегли в тунельній печі становить до 36 годин.

По завершенні процесу випалу електролафетом платформа з цеглою подається на майданчик, або до складу. Готова цегла зберігається на складі від 3 до 7 діб, а потім здійснюється її відвантаження. На складі цеглу укладають на піддони (металеві площадки), і завантажують автокраном на автотранспорт перед продажем споживачу.

Слід відзначити, що випалювання є найбільш енергоємним і трудомістким процесом при виробництві цегли, оскільки при цьому формуються властивості цегли, які регламентують якість одержуваного продукту. На процес випалювання припадає найбільша кількість браку (три і більше відсотків від загальної кількості випущених виробів). Для підприємства

при обсязі випуску цегли 50...51 млн од./рік втрати становлять близько 1,5...1,75 млн од./рік. Виробничі ділянки термічної обробки керамічної цегли володіють високою енергоємністю, що обумовлює значні економічні витрати на випал (наприклад, в тунельній печі витрата газоповітряної суміші становить близько 30 000 м³/добу на 138 тис. од./добу цегли). Тому зниження енерговитрат за рахунок автоматизації цього процесу є дійсно актуальним завданням.

1.3. Об'єкт керування

Об'єктом керування у цій кваліфікаційній роботі є процес випалювання у тунельній печі.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління

Розглянемо тунельну піч випалу керамічної цегли та її температурний режим. У печі температура для окремих зон або ділянок робочого простору різна, а теплове навантаження не змінюється у часі. Нагрівання керамічних виробів відбувається при різних теплових режимах і по заданому температурному графіку. Тепловий режим печі може змінюватися в залежності від:

- показника теплового навантаження тунельної печі, який змінюється в залежності від часу;
- заданого графіка, який змінює температуру в окремих зонах печі або в робочому просторі;
- стадії процесів нагріву, випалу і охолодження, на яких газове середовище у печі має суттєво різні характеристики.

Тунельна піч представляє собою прямий канал (тунель), по рейковому шляху якого назустріч теплоносію переміщуються вагонетки з керамічними виробами, що випалюються. Розглянемо загальну схему тунельної печі (рис. 1.4) [9].

Тунельна піч містить: робочий канал 1, умовно розділений на зони підготовки, випалу і охолодження; вентилятор відбору теплоносія 2,

встановлений в кінці зони охолодження; вентилятор 3 подачі атмосферного повітря в зону охолодження; опалювальну систему 4; вентилятор відбору димових газів 5, розміщений перед зоною підготовки; вентилятор відбору гарячого повітря із зони охолодження 6; вентиляційну систему 7, що включає певну кількість блоків, послідовно розподілених по зоні підготовки; вентилятор 11 для відсмоктування теплоносія, встановлений на початку зони підготовки.

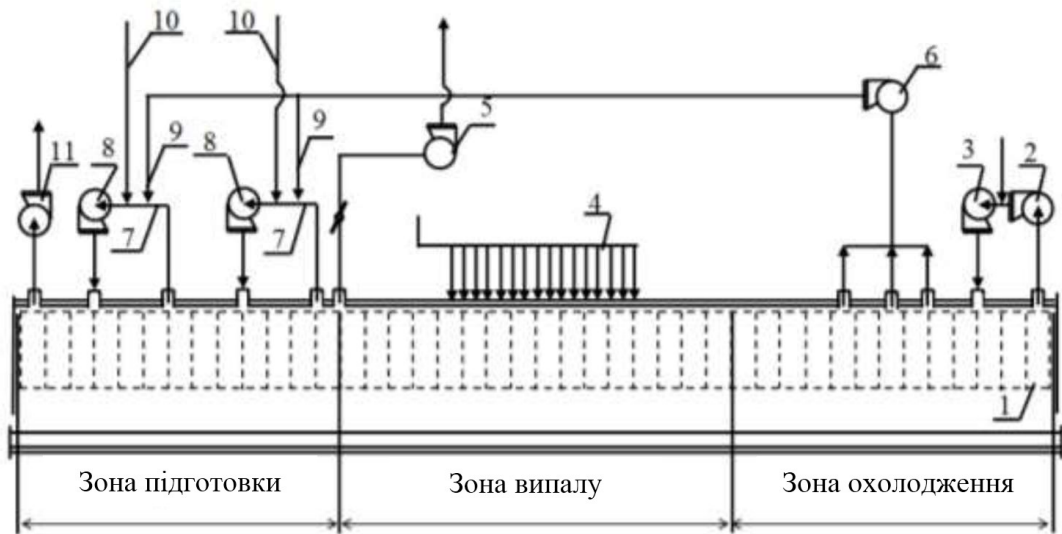


Рисунок 1.4 – Схема тунельної печі випалу керамічної цегли

Блоки вентиляційної системи 7 складаються з нагнітаючого вентилятора 8, до якого в певному місці підведений трубопровід 9 для подачі повітря із зони охолодження, а також трубопровід 10 для підсосу атмосферного повітря.

Зовнішній вигляд тунельної печі представлений на рис.1.5



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд тунельної печі для випалювання керамічної цегли

1.3.2 Структура об'єкту управління

Структура об'єкта керування є одномірною, але наряду з керуючим впливом також присутній збурюючий вплив (рис. 1.6).

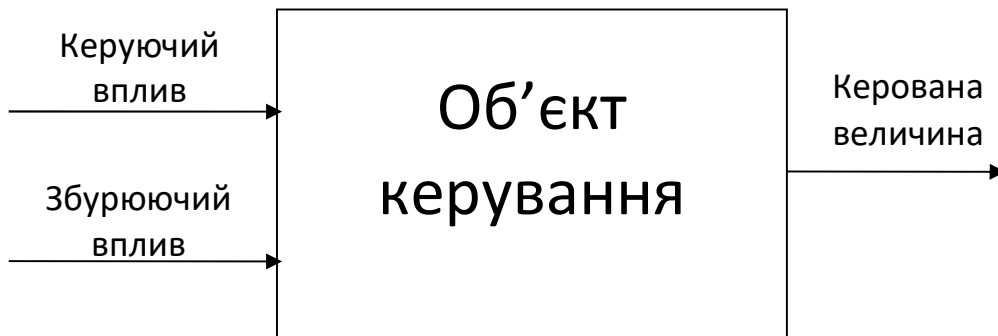


Рисунок 1.6 – Структурна схема об'єкта керування

При цьому за умови керування за тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі керуючим впливом є сигнали управління приводом положення вентиля у газопроводі, вихідним – тиск газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі, а збуренням – тиск газоповітряної суміші у газопроводі.

1.3.3. Принцип функціонування об'єкту керування

Тунельна піч випалу керамічної цегли працює наступним чином [9]. У робочий канал 1 (рис. 1.4) на деякій відстані від кінця зони охолодження вентилятором 3 подають атмосферне повітря. Вентилятором 2, що

встановлений в кінці зони охолодження, відбирають теплоносії і направляють до вентилятора 3.

У печі створюється такий перепад тисків, що повітря в сторону зони випалу рухається у протихід до руху виробів, а до розвантажувального кінця – за однаковим напрямом. Таким чином, в кінці зони охолодження створюється тиск, що дорівнює тиску в цеху. Системою опалення 4 (рис.1.4) в зону випалу подають паливо, при згорянні якого вироби нагріваються до заданої температури. Димові гази відбирають вентилятором 5, який встановлений перед зоною підготовки, і викидають в атмосферу.

Для ефективного спалювання природного газу за допомогою вентиляторів, встановлених в зоні випалу, подається повітря з атмосфери через канали в форсунках.

В кінці зони підготовки розташований перший блок вентиляційної системи 7 (рис. 1.4). Після останнього блоку вентиляційної системи теплоносії відбирають вентилятором 11 і викидають в атмосферу.

Випалювальний канал тунельної печі по довжині печі умовно розділений на три основні технологічні зони: 1) зона підготовки; 2) зона випалу; 3) зона охолодження. Схема обпалювального каналу тунельної печі представлена на рис. 1.7.

Тунельна піч працює за принципом протиходу і відноситься до печей з рухомим складом, тобто керамічна цегла, що обпалюється, переміщується на вагонетках по наскрізному тунелю назустріч теплоносію. Згідно заданому режиму і через певний проміжок часу вагонетки проштовхуються гідравлічним штовхачем.

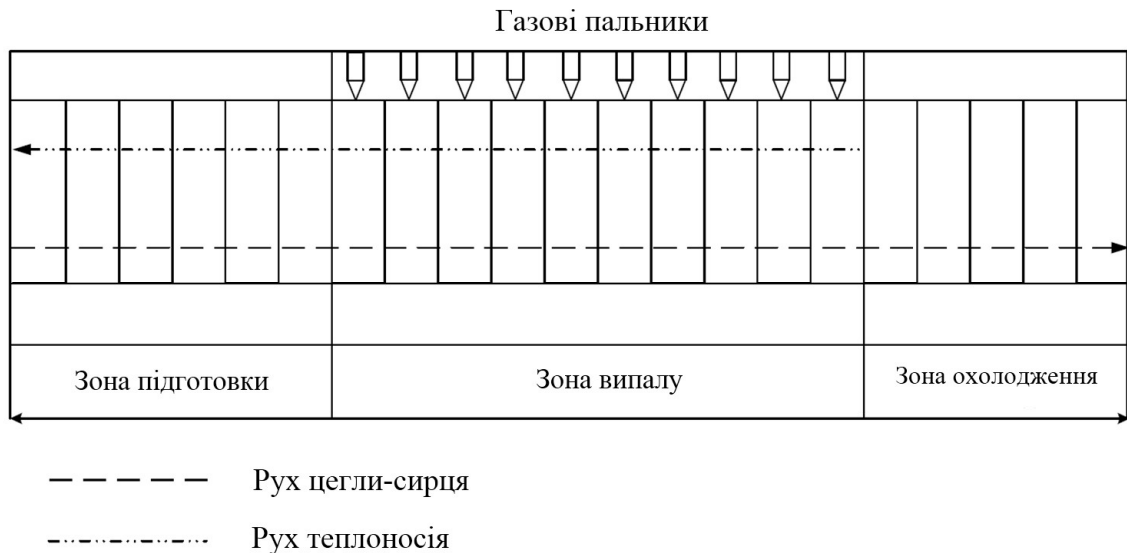


Рисунок 1.7 – Схема обпалювального каналу тунельної печі

При кожному проштовхуванні, вагонетка, пройшовши всю довжину тунелю, видається з печі з іншого кінця. Таким чином, відбувається поступовий підігрів, випал і охолодження керамічної цегли через безперервне переміщення вагонеток в печі.

Гази температурою $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, що видаляються із зони випалу, використовуються для сушки і підігріву сирцю-цегли в зоні підготовки. Зона підготовки печі з точки зору керування температурним і газовим режимами розділена на три автономна-регульовані секції: а) низькотемпературної рециркуляції, б) високотемпературної рециркуляції, в) підігріву полу.

Обпалюється цегла в зоні випалу при температурі $950^{\circ}\text{C}\dots 1\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для вирівнювання температури по всій масі виробів, більш повного дозрівання черепка і проходження в ньому необхідних реакцій здійснюється витримка виробів при максимальній температурі протягом 4-9 годин. У зоні випалу встановлені газові пальники, що дозволяють широко маневрувати температурою продуктів горіння.

У зоні охолодження обпалена керамічна цегла охолоджуються до $60\text{ }^{\circ}\text{C}\dots 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ для утилізації тепла, що відбирається від розігрітих виробів, і для подальшої видачі вагонеток з тунельної печі. У цій зоні охолоджується також і футерування вагонеток, що нагріте до високих температур.

Вентиляторами, розташованими зверху і збоку, декількома каналами по довжині зони охолодження подається холодне повітря, що охолоджує вироби і футерування вагонеток. Для охолодження виробів і поду вагонеток атмосферного повітря потрібно набагато більше, ніж для горіння палива.

Надмірне гаряче повітря відбирається із зони охолодження тунельної печі і використовується для рециркуляції в зоні підігріву, а також для сушіння цегли-сирцю.

Для охолодження керамічної цегли по заданому температурному режиму зона охолодження умовно розділена на 4 секції: 1) загартування; 2) прискореного охолодження; 3) уповільненого охолодження; 4) інтенсивного охолодження.

Таким чином, повний технологічний цикл випалу керамічної цегли в тунельній печі складається з операцій завантаження виробів і проштовхування вагонеток за допомогою гідравлічного штовхача, а також сушки виробів, їх випалення при температурі 950 °С...1000 °С, витримки протягом 4...9 годин, охолодження і вивантаження виробів.

Сукупність усіх перерахованих операцій складає цикл роботи тунельної печі випалювання керамічної цегли.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування процесом випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

За результатом аналізу об'єкта керування можна зробити висновок, що через складність технологічного процесу випалювання цегли керувати одночасно та злагоджено потрібно одразу декількома параметрами – витратами газо-повітряної суміші, тиском даної суміші у газопроводі та у зоні випалювання, температурою повітря у зонах підготовки та випалювання, а також розрідженням димових та нагрітих газів.

Згідно з [9], за умови керування за усіма зазначеними параметрами об'єкт керування є нелінійним та з мінливими динамічними властивостями, на які впливають процеси в інших зонах печі у якості збурень.

У якості основного в кваліфікаційній роботі обраний канал керування за тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі.

З оглядом на це сформульовані наступні задачі дослідження:

- згідно з математичним описом створити імітаційну модель процесу випалювання керамічної цегли у зоні випалювання тунельної печі, в якій врахований вплив інших параметрів печі на динамічні властивості об'єкта керування;
- за отриманими у ході обчислювального експерименту кривими розгону та статичними характеристиками визначити спрощені динамічні моделі за каналами керування та збурення;
- розробити апаратне забезпечення системи автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі.

1.5 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зробимо наступні висновки:

- об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес випалювання керамічної цегли у тунельній печі;
- предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування процесом випалювання керамічної цегли у тунельній печі;
- об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу неперервних об'єктів керування з нелінійною статичною характеристикою та нестаціонарними динамічними властивостями;
- об'єкт керування є одномірним, при цьому керуючим впливом є керуючий сигнал на привод вентиля у газопроводі, вихідним – тиск газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі, а збуренням – тиск газоповітряної суміші у газопроводі;

- розробка апаратного забезпечення системи автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі буде здійснюватися на базі програмованого логічного контролера.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи управління

Структура об'єкта керування є одномірною, при цьому за умови керування за тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі керуючим впливом є керуючий сигнал на привод вентиля у газопроводі, вихідним – тиск газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі, а збуренням – тиск газоповітряної суміші у газопроводі.

Таким чином вхідним сигналом для системи керування є тиск газо-повітряної суміші у печі, якій згідна аналізу коливається від 0,5 до 3,5 кПа, а вихідним – є сигнал управління приводом заслінки регулюючого клапана для трубопроводу подачі газо-повітряної суміші діаметром - 0,25 м, та максимальним тиском до 4 кПа.

Відповідно до вимог, система керування взаємодіє з об'єктом, тому повинна забезпечувати управління технологічним обладнанням (рис. 2.1). До цієї підсистеми входять пристрої збору інформації (датчик тиску), довідники та умови роботи обладнання (технологічна карта), система керування обладнанням, програма управління, схемі узгодження с об'єктом керування, захист від надзвичайних ситуацій, ручне управління та виконавчі прилади (електроклапан).



Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог підсистема що розробляється повинна забезпечувати управління тиском газоповітряної суміші у зоні випалювання печі системі автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчик тиску ГПС), еталони стану обладнання (технологічна карта процесу), система автоматичного контролю стану обладнання, програма управління яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки тиску ГПС на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління та виконавчі пристрої (привод заслінки ГПС).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує підтримку тиску газоповітряної суміші у зоні випалювання печі.



Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**1 –

Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс до якого входять тиску ГПС, об'єкт управління, пристрій управління в якості якого виступає програмований логічний контролер, привід заслінки ГПС.

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

Головною задачею системи, що розробляється є керування тиском газоповітряної суміші у печі на трубі діаметром - 0,25 м, та максимальним тиском до 4 кПа.

2.3.1 Вибір датчиків

Багатограничні інтелектуальні високоточні датчики тиску DMD 331-AS-GB має ємнісний чутливий елемент призначений для безперервного перетворення вимірюваної величини - абсолютного, надлишкового тиску, розрідження або різниці / перепаду тисків рідких і газоподібних (в тому числі газоподібного кисню і кисневмісних газових сумішей) середовищ (в тому числі агресивних) в уніфікований струмовий вихідний сигнал 4...20 мА. Датчики DMD 331-A-S можуть бути оснащені багаторядковим рідкокристалічним дисплеєм.



Рисунок 2.3 – Датчик модельного ряду DMD 331-A-S

Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика тиску DMD 331-A-S-GB

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Ємнісний, інтелектуальний
2	Діапазон вимірюваного тиску, кПа	-5...+5
3	Мінімальний тиск, кПа	0,13
4	Точність, %	0,075
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4÷20
6	Напруга живлення, В	12÷36
7	Потужність споживання, Вт	5

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

Таблиця **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1** – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Тиск	Ємнісний, інтелектуальний	Аналоговий	- 5...+5 кПа	±0,075 %	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	5 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Заслінка серії Wartsila-LW з можливістю самодіагностики і віддаленого моніторингу. Заслінки призначені для застосування на трубопроводах великого діаметру. Їх встановлюють в системах кондиціонування і вентиляції при невеликих тисках і невисоких вимогах до герметичності. Залежно від кількості застосовуваних пластин заслінки бувають одинарними і багатостулковими. Робочий тиск заслінок до 1 МПа. Керувати ними можна за допомогою електроприводу. Діаметр арматури, що використовує такий електропривод, становить 200...1 200 мм. Їх потужність досягає 5 кВт. Час, який витрачається заслінкою на відкриття або закриття, становить приблизно півтори хвилини.

Керування можливе за допомогою інтерфейсу RS-485 згідно з протоколом Modbus RTU (рис. 2.4). Технічні характеристики заслінки Wartsila-LW ДУ-250 мм наведені в табл. 2.3.



Рисунок 2.4 – Заслінка Wartsila-LW ДУ-250мм

Таблиця **Ошибка!** Текст **указанного** стиля **в** документе **отсутствует..2** – Заслінка Wartsila-LW ДУ-250мм

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Пропорційний
2	Максимальний тиск, МПа	1,0
3	Діаметр ДУ, мм	250
4	Напруга живлення електроприводу, В	380
5	Час відкриття / закриття, с	90
6	Інтерфейс	RS-485
7	Протокол	Modbus RTU/ASCII
8	Напруга живлення, В	~380
9	Потужність споживання, кВт	1.6

На підставі обраних виконавчих пристроїв та їх технічних характеристик складена табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Управління	Пропорційне	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	RS-485	0,1 с	~380 В	1.6 кВт

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до підсистеми управління керування тиском газоповітряної суміші у печі в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 КБайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинні бути підключені два датчики температури з струмовим інтерфейсом 4÷20 мА та електромагнітний клапан пару з напругою керування +24 В контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання та легке розширення подальшого функціоналу.

Так як підсистема управління температурою масла повинна інтегруватися у систему управління ділянкою дезодорації олії контролер повинен мати інтерфейс RS-485, окрім того даний інтерфейс використовується для керування газовим пальником.

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. 2.5). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.5 – 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

Датчик тиску ГВС має стандартний струмовий сигнал 4...20 мА. Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 2.6). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.6 – 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

Схема підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.7.

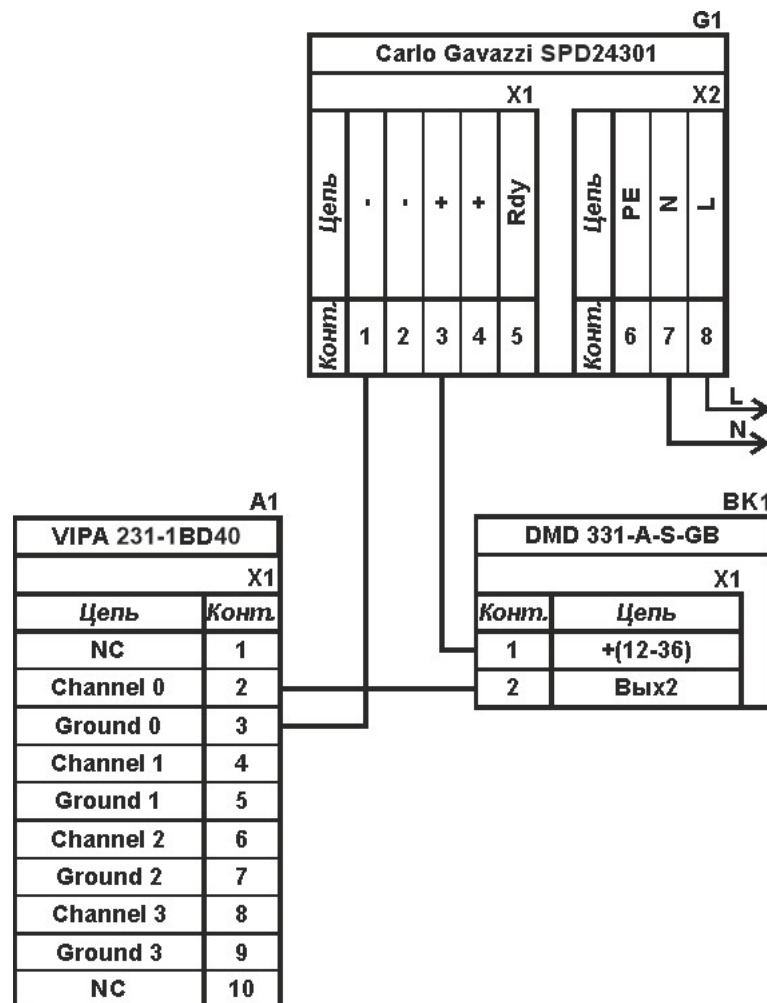


Рисунок 2.7 – Схема підключення датчика температури

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика який виступає в якості джерела струму підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

Для зв'язку програмованого логічного контролеру з заслінкою Wartsila-LW ДУ-250мм використовується RS-485 інтерфейс, схема підключення якого наведена на рис. 2.8.

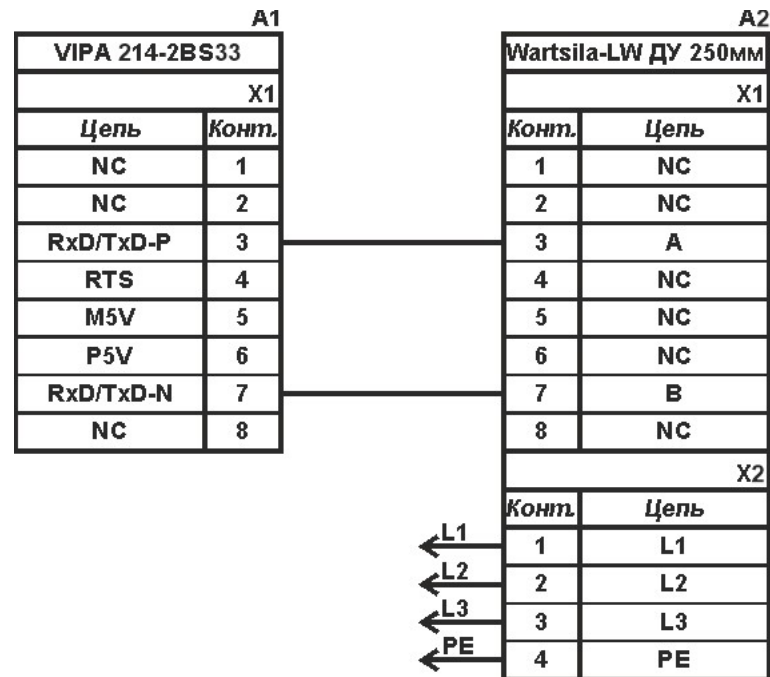


Рисунок 2.8 – Схема підключення заслінки Wartsila-LW ДУ-250мм

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Пристрій управління та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPА 214-2BS33	Центральний процесорний модуль з вбудованим каналом зв'язку RS-485	24 В	5.00 Вт
		заслінка Wartsila-LW ДУ-250мм	~380 В	1.60 кВт
2	VIPА 231-1BD40	Модуль аналогового вводу (4...20 мА)	24 В	0.60 Вт
		Датчика тиску ГВС DMD 331-A-S-GB	24 В	5.00 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:

$$P = 5.00 + 0.60 = 2.60 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролера та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.9). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.9 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.8 – 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 рис. 2.9.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 5.00\text{Вт.} \quad (2.2)$$

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.

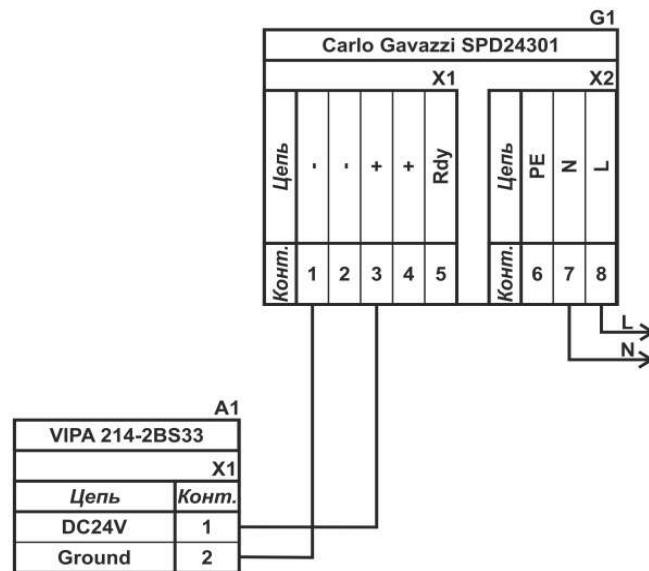


Рисунок 2.9 – Схема підключення ПЛК до блока живлення

Газовий пальник не потребує окремого блока живлення так як він живиться від трифазної мережі напругою ~ 380 В.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до системи керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.10.

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33). Програмований логічний контролер підключено до системи управління АСУ ТП з виготовленням керамічних виробів за який відповідає комп'ютер більш високого рівня управління (UY 6), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Тиск ГВС в зоні випалювання печі вимірюється за допомогою датчика тиска (PE 2-1 – DMD 331-A-S-GB) виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2 – DMD 331-A-S-GB) трансформується в стандартний струмовий сигнал $4 \dots 20$ мА. Який підключено до спеціалізованого модулю вводу аналогових сигналів ПЛК.

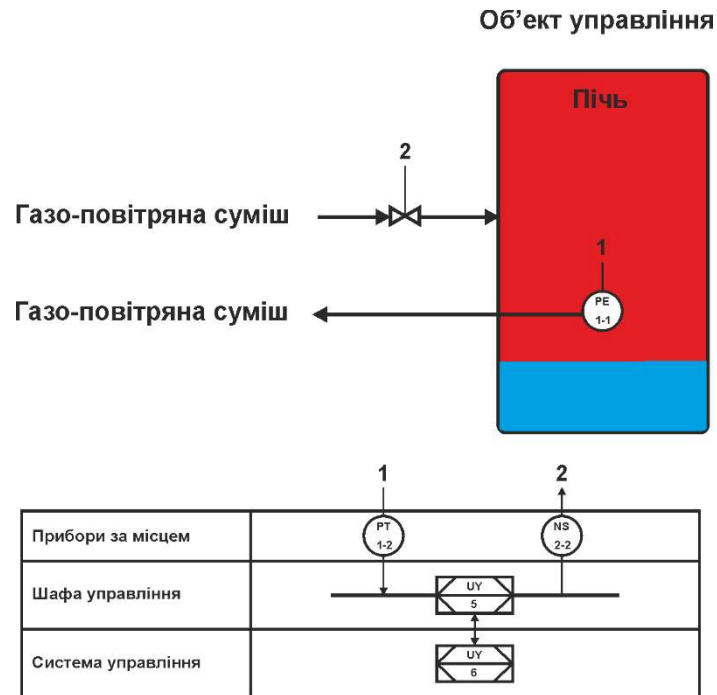


Рисунок 2.10 – Функціональна схема автоматизації підсистеми управління

На підставі значення з датчику тиску програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33) формує керуючий вплив який за допомогою інтерфейсу RS-485 передається заслінці (Wartsila-LW ДУ-250 мм) яка виконує регулювання ГВС.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі (рис. 2.11).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1).

Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю аналогового виводу 4...20 мА VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), датчику тиску DMD 331-A-S-GB (BK1).

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою управління (A3) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

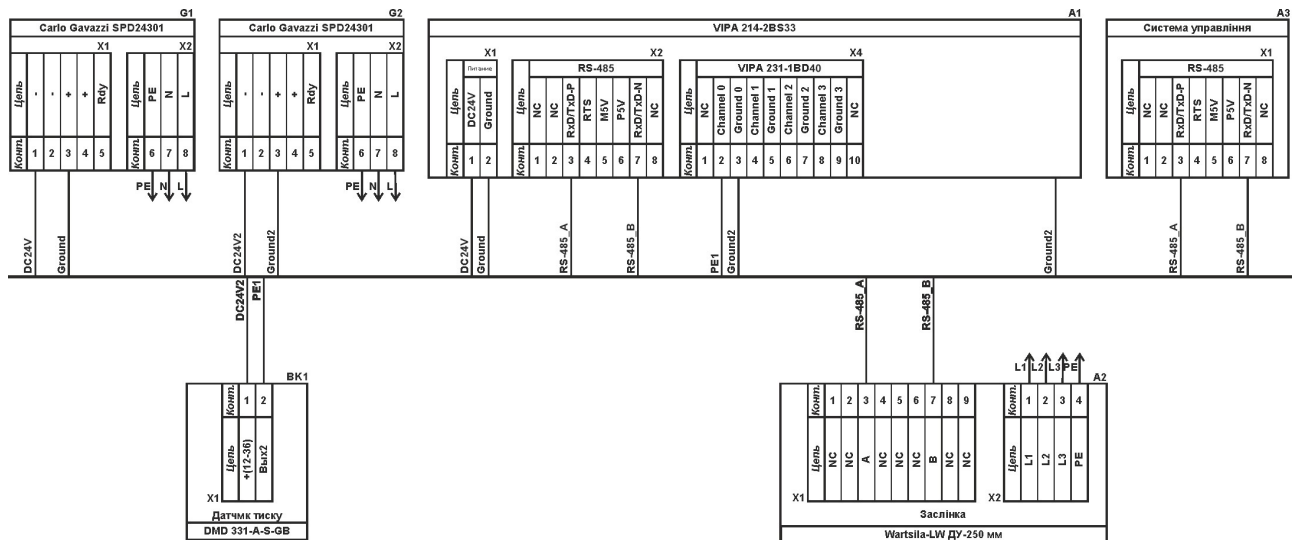


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Зв'язок між контролером та заслінкою Wartsila-LW ДУ-250 мм (A2) також реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Сигнал з датчику тиску DMD 331-A-S-GB (BK1) підключено до модулю аналогового виводу 4...20 мА VIPA 222-1BF00 (A1 – X5).

2.6 Висновки по розділу

1. На підставі технологічного процесу, структури об'єкта керування, функціонування об'єкта керування та вимог до системи керування розроблено структурну схему системи керування.

2. Враховуючи вимоги до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів - 4÷20 мА, RS-485 та стандартне живлення 24 В, ~220 В.

3. На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 314 2AG12. Враховуючи датчики, виконавчі пристрої та тип контролера обрано його модулі які забезпечують підключення усіх елементів.

4. Згідно з вимогами до розміщення автоматизованого робочого місця оператора та людино-машинного інтерфейсу в якості панелі оператора обрано

промисловий комп'ютер VIPA 314 2AG12 з операційною системою "Microsoft Windows Embedded 7" та SCADA системою "zenon Supervisor".

5. Згідно з обраним датчиками, виконавчими пристроями, пристроєм керування та панеллю оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

6. На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації системи керування з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

7. Результати розробки апаратного забезпечення системи керування будуть використанні при створенні програмного забезпечення системи керування.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Створення імітаційної моделі об'єкта керування

У даному розділі модель об'єкта керування визначається з точки зору імітації реальних фізичних процесів у печі на основі встановлення аналітичних зв'язків не тільки між керованою й керуючою величиною, а й між керованою величиною та збуренням. При цьому модель повинна показувати, як збурення впливають на динамічні властивості об'єкта керування. При розробці саме імітаційної моделі об'єкта керування, вона надалі дозволить перевірити ефективність роботи синтезованої системи автоматичного керування за умови імітації різних ситуацій при роботі об'єкта керування в реальних умовах.

Математичний опис тунельної печі розглянемо стосовно системи автоматичного керування тиском в тунельної печі в процесі випалу. При цьому розглядається математичний опис тунельної печі як об'єкта автоматичного керування за тиском газо-повітряної суміші (ГПС) з урахуванням розрідження димових газів (ДГ) та нагрітих газів (НГ). На рис 3.1 представлена загальна схема тунельної печі як об'єкта автоматичного керування, на основі якої створюється імітаційна модель.

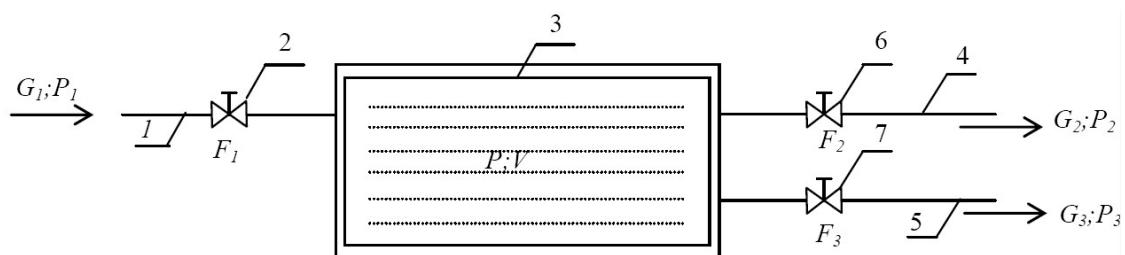


Рисунок 3.1 – Схема тунельної печі випалу керамічної цегли як об'єкта автоматичного керування за тиском ГПС

Схема тунельної печі випалу керамічної цегли як об'єкта автоматичного керування за тиском ГПС містить наступні складові:

- P_1 – тиск перед клапаном трубопроводу подачі ГПС;
- P_2 , P_3 – тиск, відповідно, ДГ та НГ після клапанів трубопроводів видалення ДГ на НГ з печі;

- V – об'єм печі;
- F_i – площа поперечного перетину отвору i -го клапана;
- 1 – трубопровід підведення ГПС;
- 2, 6, 7 – регулюючі вентиля;
- 3 – тунельна піч;
- 4 – трубопровід відведення ДГ;
- 5 – трубопровід відведення НГ.

Математичне рівняння, що описує динаміку утворення перепадів тисків у трубопроводах та печі, виглядає наступним чином [5]:

$$\frac{V_2}{RT} \frac{dP}{dt} = \mu_1 F_1 k_a \sqrt{\frac{P_1(P_1 - P)}{RT}} - \mu_2 F_2 k_a \sqrt{\frac{P(P - P_2)}{RT}} - \mu_3 F_3 k_a \sqrt{\frac{P(P - P_3)}{RT}}, \quad (3.1)$$

де P – тиск у зоні випалу тунельної печі, кПа.

Розшифровка параметрів у рівнянні (3.1) наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри імітаційної моделі об'єкта керування

№п/п	Найменування параметру	Позначення параметру	Значення параметру
1	Коефіцієнт регулюючого вентиля на трубопроводі подачі газо-повітряної суміші (ГПС) у піч	μ_1	0,75
2	Коефіцієнт регулюючого вентиля на трубопроводі видалення димових газів (ДГ) з печі	μ_2	0,11
3	Коефіцієнт регулюючого вентиля на трубопроводі видалення нагрітих газів (НГ) з печі	μ_3	0,75
4	Абсолютна температура ГПС, К	T	293
5	Газова постійна для природнього газу (метану), $\text{м}^2/\text{с}^2 \cdot \text{К}$	R	52,89
6	Об'єм ГВС, що поступає у піч, м^3	V_2	54,3
7	Номинальний тиск ГВС перед регулюючим вентиляем, кПа	P_{10}	4
8	Задане розрідження НГ на виході, кПа	P_{30}	0,8
9	Коефіцієнт адіабати для метану при 20°C	k	1,32
10	Фактичний діаметр прохідного отвору регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС у піч, м	$d_{\phi 1}$	0,25
11	Фактичний діаметр прохідного отвору регулюючого клапану у трубопроводі видалення ДГ з печі, м	$d_{\phi 2}$	0,1
12	Фактичний діаметр прохідного отвору регулюючого клапану у трубопроводі видалення НГ з печі, м	$d_{\phi 3}$	0,25

Коефіцієнт k_a у рівнянні (3.1) розраховується за формулою:

$$k_a = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт адіабати для метану при 20°C (див. табл. 3.1).

Таким чином, якщо реалізувати модель об'єкта керування на основі рівняння (3.1), то маємо сім параметрів, що можуть змінюватися у часі у ході технологічного процесу випалу цегли, – тиск ГПС у печі P , тиск ГПС перед регулюючим вентиляем у трубопроводі подачі ГПС у піч P_1 ; тиск ДГ за регулюючим вентиляем у трубопроводі видалення ДГ з печі P_2 ; тиск НГ за регулюючим вентиляем у трубопроводі видалення НГ з печі P_3 ; площа поперечного перетину отвору регулюючого клапана у трубопроводі подачі ГПС у піч F_1 ; площа поперечного перетину отвору регулюючого клапана у трубопроводі видалення ДГ з печі F_2 ; площа поперечного перетину отвору регулюючого клапана у трубопроводі видалення НГ з печі F_3 .

При цьому керованою величиною є тиск ГПС у печі P , а керуючим сигналом є площа поперечного перетину отвору регулюючого клапана у трубопроводі подачі ГПС у піч F_1 , що розраховується за формулою

$$F_1 = \frac{\pi \cdot d_{\phi 1}^2}{4}, \quad (3.2)$$

де $d_{\phi 1}$ – фактичний діаметр прохідного отвору регулюючого клапана у трубопроводі подачі ГПС у піч, м (див. табл.3.1).

Інші змінні у формулі (3.1), а саме – P_1 , P_2 , P_3 , F_2 та F_3 є збурюючими впливами на систему автоматичного керування тиском у тунельній печі.

Насправді керуючим сигналом у системі автоматичного керування є сигнал на привод заслінки регулюючого клапана у трубопроводі подачі ГПС у тунельну піч. Таким чином, потрібний перехід від положення заслінки клапана до площі поперечного перетину (модель створено за математичним описом) . З цією метою проведена апроксимація статичної характеристики регулюючого клапана, що на рис. 3.2 показана маркерами у вигляді кіл.

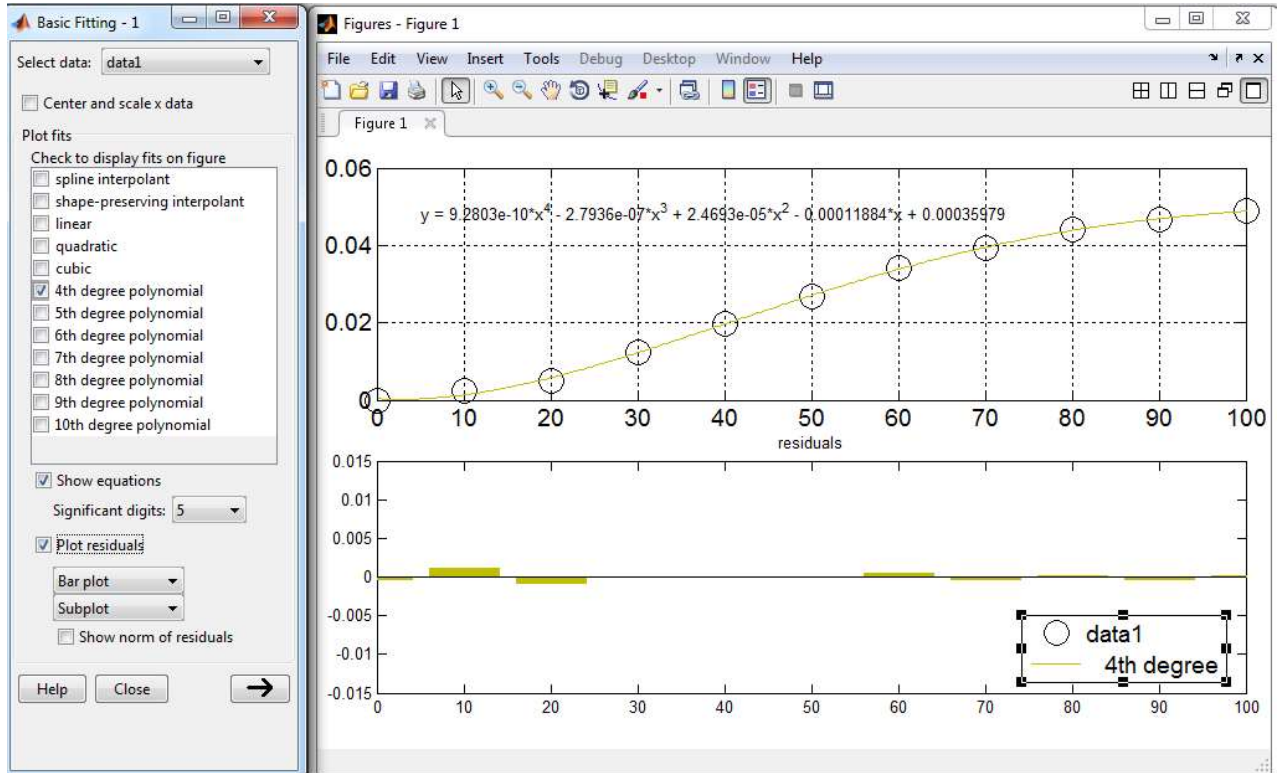


Рисунок 3.2 – Результати апроксимації експериментальної статичної характеристики регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС у тунельну піч випалу керамічної цегли

З рис. 3.2 видно, що через доволі суттєву нелінійність експериментальна статична характеристика регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС у тунельну піч апроксимована ступеневим поліномом четвертого порядку (показаний на рис. 3.2 у правій верхній частині вікна). При цьому максимальне відносне відхилення точок експериментальної кривої від графіку апроксимуючої функції не перевищує 10% (підтвердженням цього є графік відхилень у правій нижній частині вікна на рис. 3.2).

У додатку Simulink математичного пакету MATLAB на основі рівнянь (3.1) та (3.2), а також на основі результату апроксимації експериментальної статичної характеристики регулюючого клапану, створена імітаційна модель об'єкта керування (рис. 3.3).

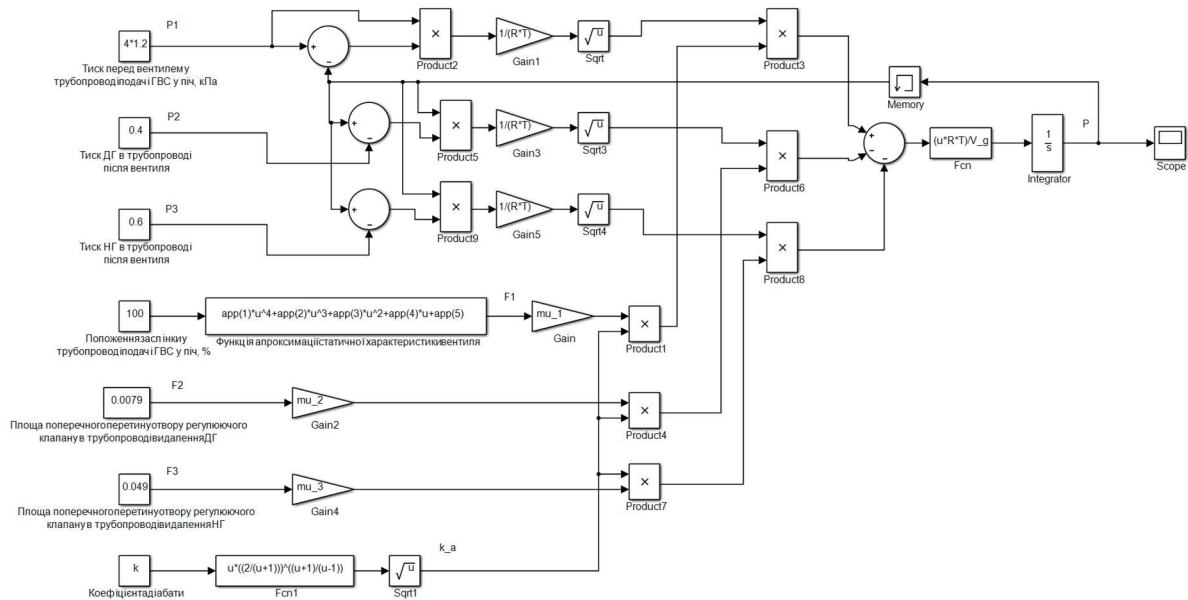


Рисунок 3.3 – Схема імітаційної моделі тунельної печі як об'єкта автоматичного керування за тиском ГПС у зоні випалу

Перехід від тиску ГПС у зоні випалу печі до диференціалу цього параметру за часом на рис. 3.3 відбувається на основі інтегратора. На вхід інтегратора подається складний сигнал, який створюється із правої частини рівняння (3.1), якщо його виразити відносно похідної тиску ГПС за часом у лівій частині рівняння.

Ступеневий поліном, що апроксимує експериментальну статичну характеристику регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС, реалізований на рис. 3.3 за допомогою блоку «Функція апроксимації статичної характеристики вентиля».

Тиск на вході регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС P_1 на рис. 3.3, а також тиски після регулюючих клапанів у трубопроводах видалення ДГ та НГ з печі P_2 та P_3 задані постійними величинами (прийняти номінальними), але їх у ході дослідження динамічних властивостей об'єкта керування можна змінювати. Також це стосується й площ поперечного перетину отворів регулюючих клапанів у трубопроводах видалення ДГ та НГ з печі F_2 та F_3 (задані максимальними).

3.2 Дослідження динамічних властивостей об'єкта керування

Проведемо дослідження динамічних властивостей тунельної печі як об'єкта автоматичного керування за тиском ГПС у зоні випалу шляхом проведення сукупності обчислювальних експериментів на імітаційній моделі для різних ситуацій, та апроксимації результатів експериментів типовими передаточними функціями.

Проведемо апроксимацію статичних характеристик об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» при різних тисках газоповітряної суміші перед регулюючим клапаном у трубопроводі подачі суміші у тунельну піч. Вихідні дані для апроксимації, отримані у ході обчислювального експерименту на основі імітаційної моделі об'єкта керування, представлені на рис. 3.4.

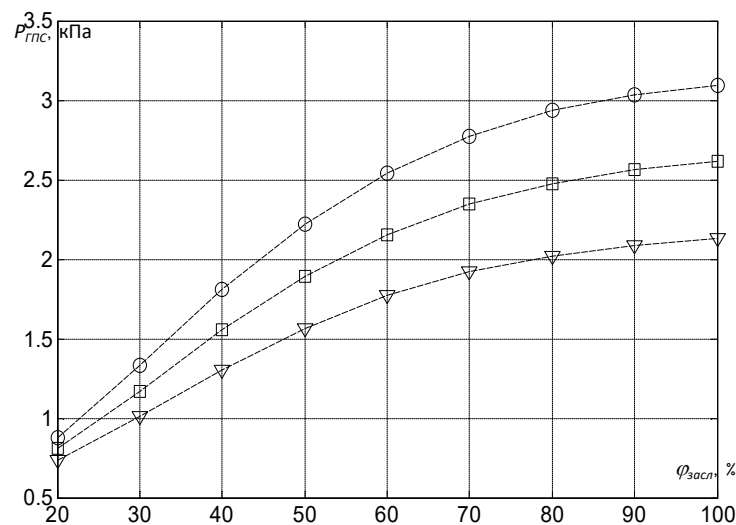


Рисунок 3.4 – Статичні залежності тиску ГПС у зоні випалу відносного положення заслінки у трубопроводі подачі ГПС

На рис. 3.4 Показана статична залежність тиску ГПС у зоні випалу від відносного положення заслінки у трубопроводі подачі ГПС при номінальному тиску ГПС перед регулюючим клапаном (квадратні маркери), зменшеному на 20% (трикутні маркери) та збільшеному на 20% (круглі маркери). З рис. 3.4 видно, що через нелінійність статичної характеристики регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС статична характеристика за каналом керування також

є суттєво нелінійною. Також з рис.3.4 видно, що збурюючий вплив у вигляді зміни тиску ГПС перед регулюючим клапаном суттєво змінює статичну характеристику. Щоб проаналізувати вплив збурення на статичну характеристику за каналом керування здійснимо апроксимацію тільки її лінійної частини (перші п'ять точок).

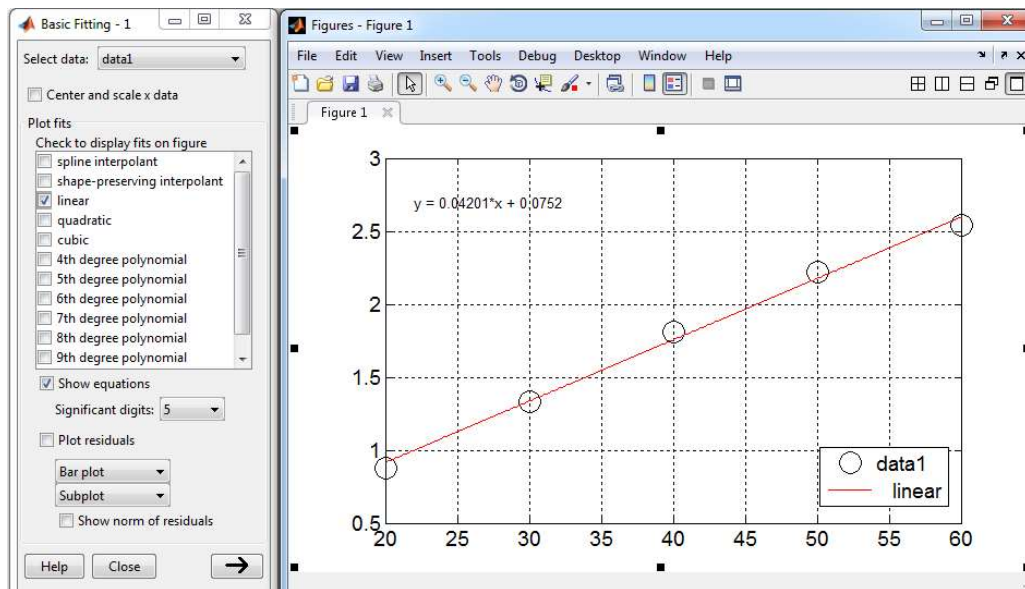
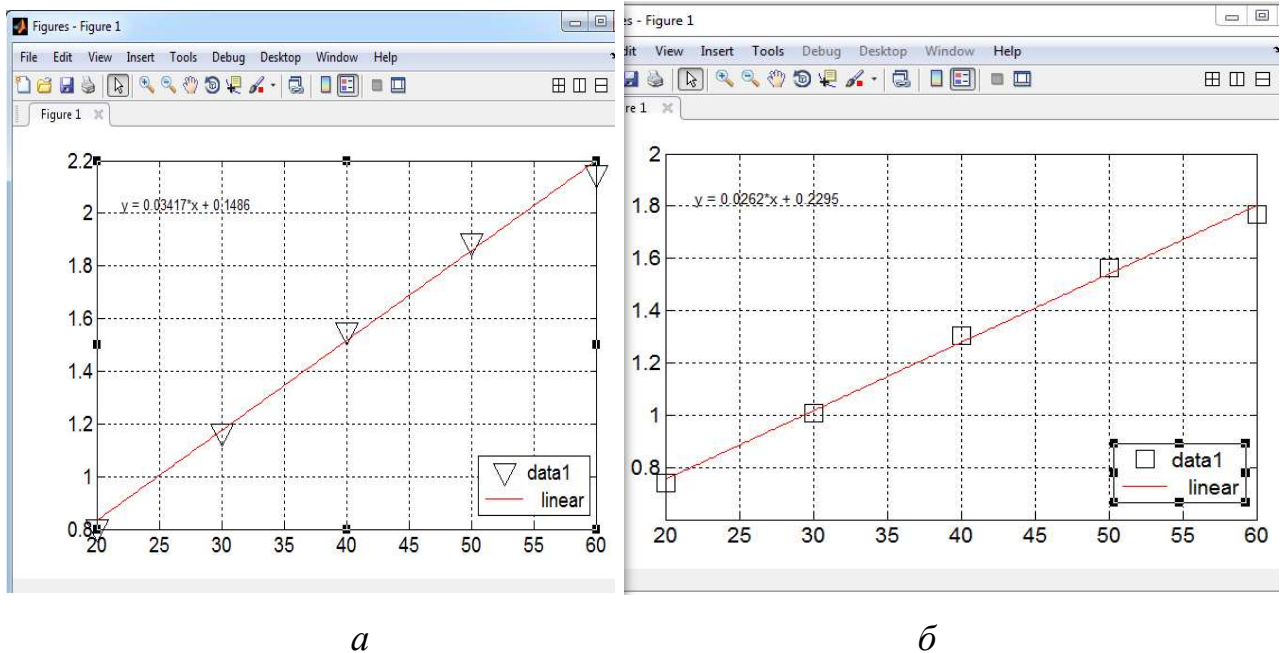


Рисунок 3.5 – Результати апроксимації статичної характеристики

На рис. 3.5 показані результати апроксимації статичної характеристики за каналом «керуючий сигнал – керована величина» за умови: *а* – номінального тиску ГПС перед регулюючим клапаном; *б* – зменшеного на 20%; *в* –

збільшеного на 20%. Можна побачити, що обрана частина статичної характеристики за каналом керування досить точно апроксимується лінійним рівнянням. В усіх трьох випадках коефіцієнт лінійної регресії склав більше 0,98.

Якщо проаналізувати рівняння лінійної регресії на рис. 3.5, то можна помітити, що вплив збурення позначається як на коефіцієнті, так і на константі рівняння регресії – при збільшенні збурення вони також збільшуються. Оскільки за умови повністю перекритої заслінки маємо однаковий тиск ГПС у печі, то можна зробити висновок, що збурюючий вплив змінює тільки коефіцієнт рівняння регресії, й, отже, впливає на коефіцієнт підсилення за каналом «керуючий сигнал – керована величина».

За умови номінального тиску ГПС перед регулюючим клапаном коефіцієнт підсилення на лінійній ділянці статичної характеристики за каналом керування дорівнює 0,03417 кПа/%.

Далі проведемо апроксимацію експериментальних кривих розгону (рис. 3.6) при різних збуреннях типовими динамічними моделями з метою дослідження впливу збурення на параметри моделі.

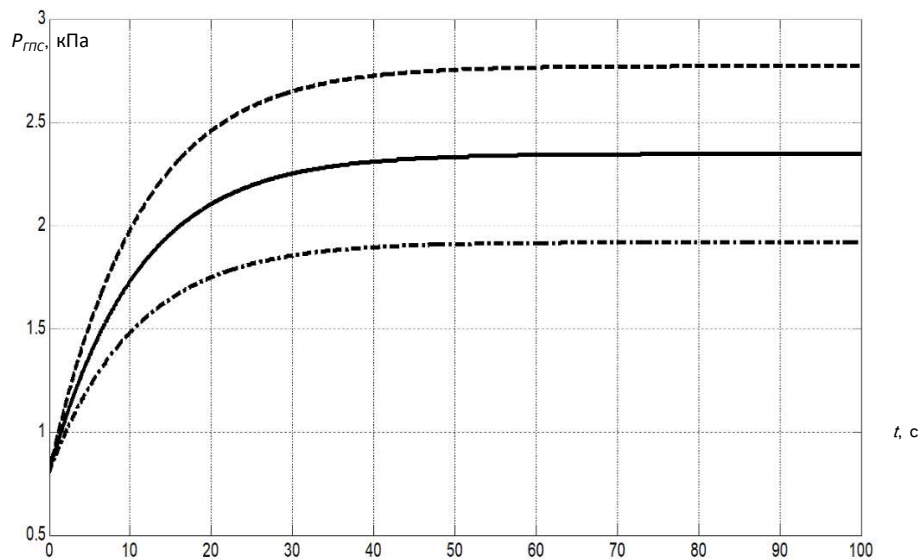
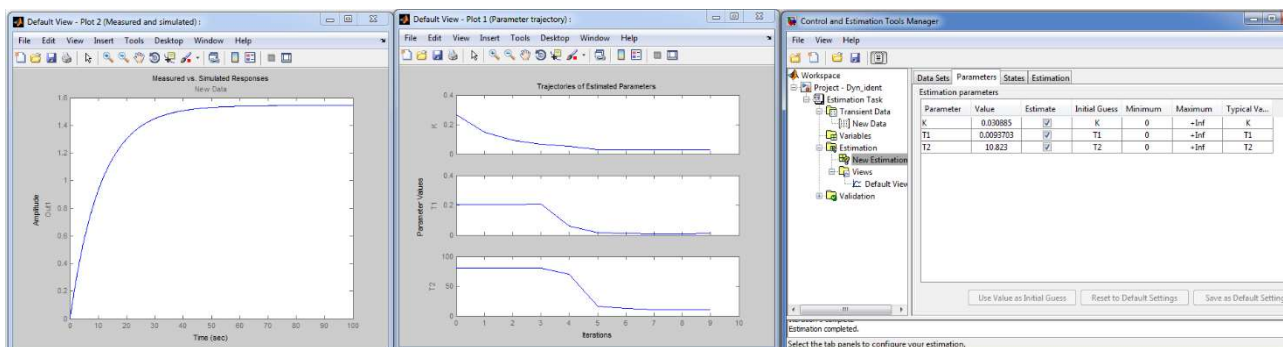
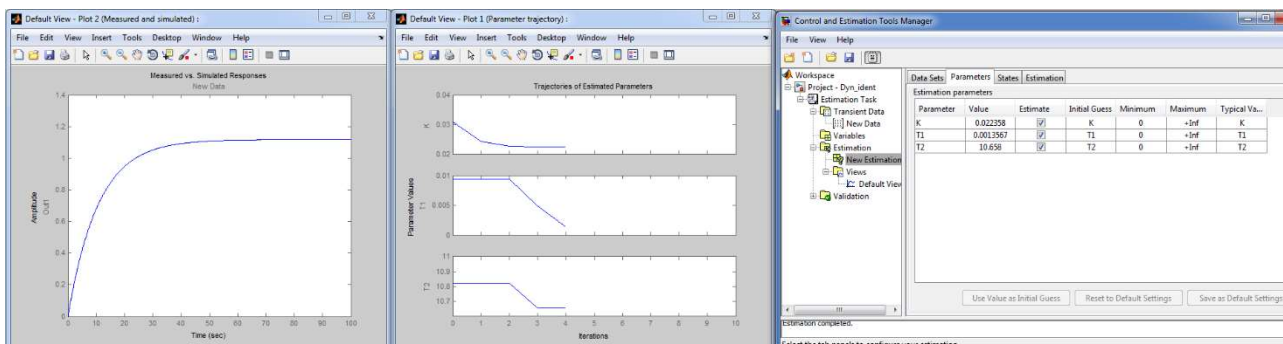


Рисунок 3.6 – Експериментальні криві розгону за каналом керування при номінальному тиску ГПС перед регулюючим клапаном (суцільна лінія), зменшеному на 20% (штрих-пунктирна лінія) та збільшеному на 20% (пунктирна лінія)

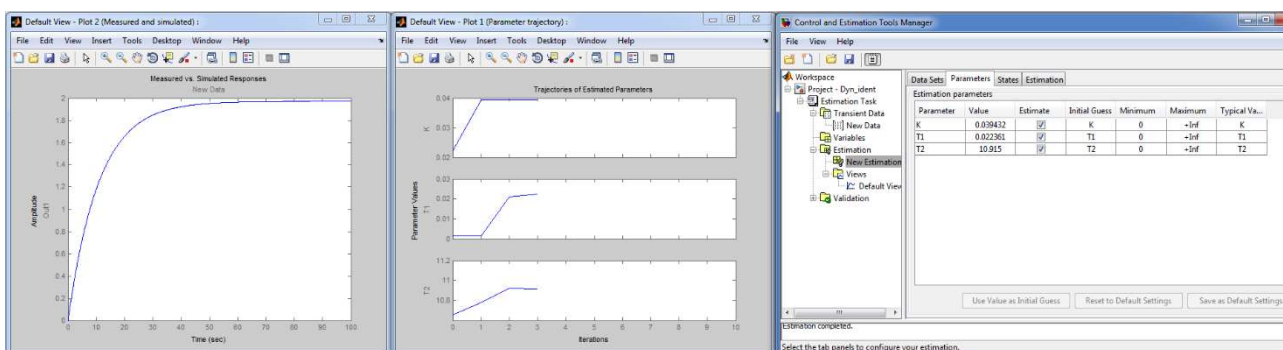
Результат апроксимації кривих розгону на рис. 3.6 показаний на рис. 3.7.



a



б



в

Рисунок 3.7 – Результат параметричної ідентифікації об'єкта керування при номінальному тиску ГПС перед регулюючим клапаном (*a*), зменшеному на 20% (*б*) та збільшеному на 20% (*в*)

З лівих частин рис. 3.7,а,б,в ми бачимо, що експериментальні криві розгону та апроксимуючі графіки фактично співпали, що свідчить про те, що для усіх збурюючих впливів динамічні властивості об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» описуються аперіодичною ланкою, оскільки перша постійна часу в усіх трьох випадках прагне до нуля.

При цьому коефіцієнт підсилення є змінною величиною, що прямо залежить від збурення, але з правих частин рис. 3.7,а,б,в видно, що збурюючий вплив не діє на постійну часу аперіодичної ланки, що дорівнює 10,8 с для номінального тиску ГПС.

Проведемо аналогічні дослідження за каналом «збурення – керована величина».

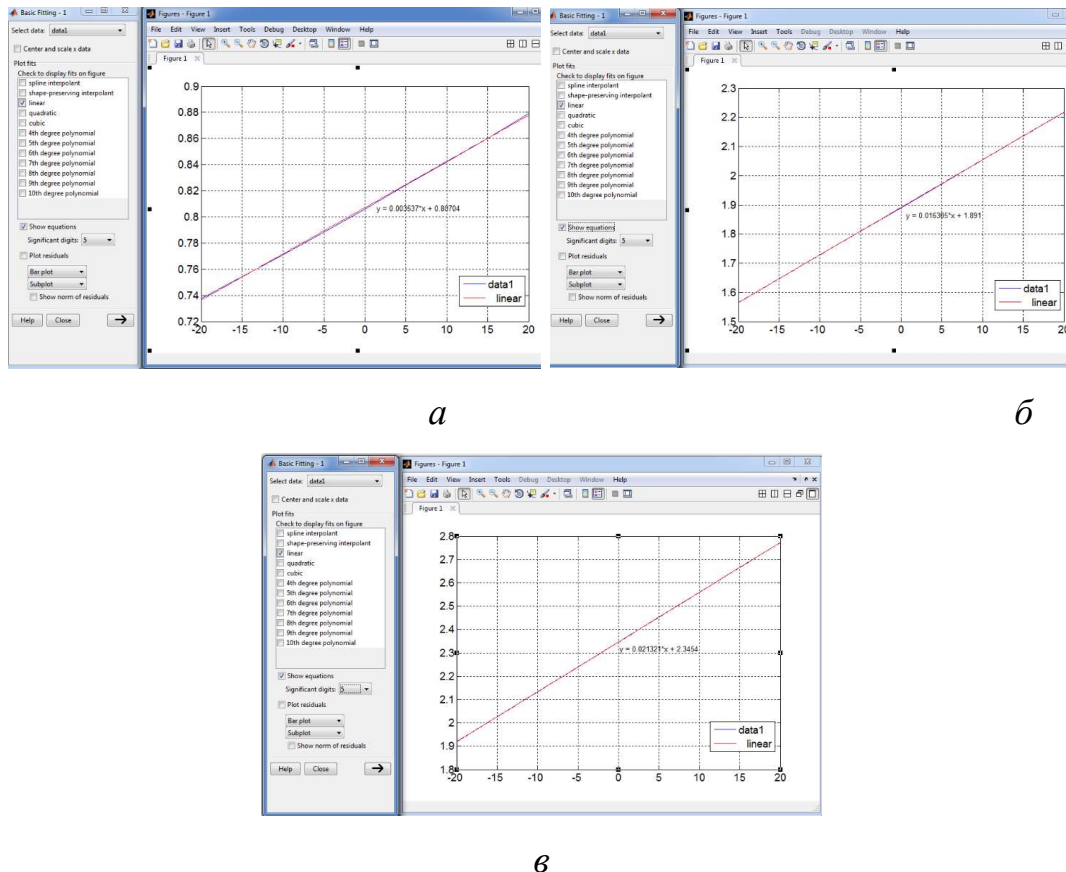
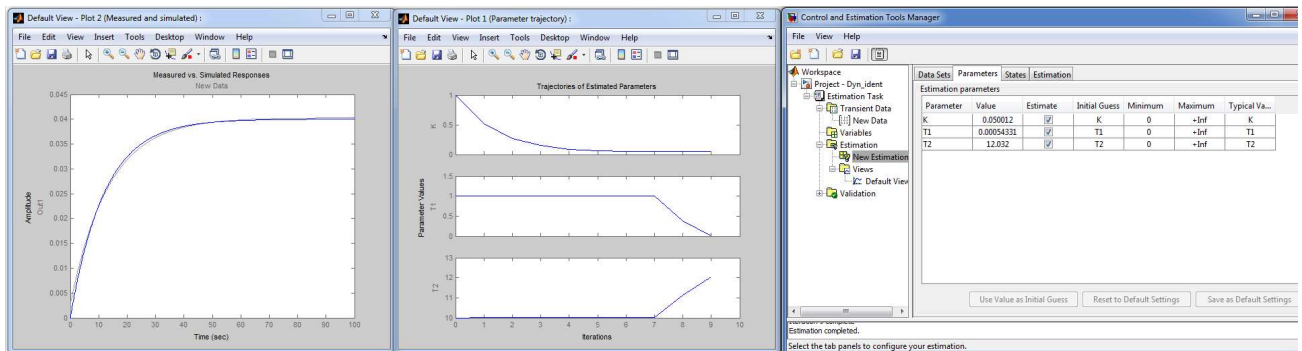


Рисунок 3.8 – Результати апроксимації статичної характеристики за каналом «збурення – керована величина» за умови: *a* – керуючого сигналу 20%; *б* – 50%; *в* – 70%

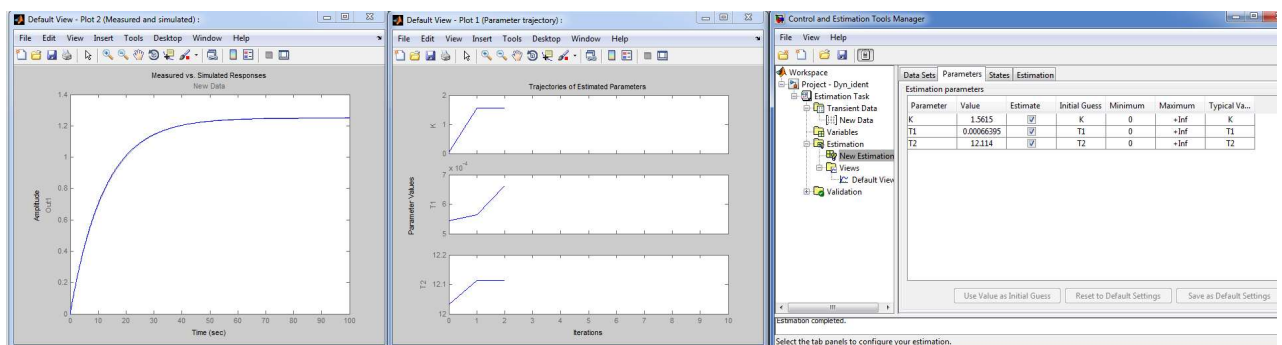
На рис. 3.8 збурюючий вплив (ось абсцис) поданий у якості відносного відхилення тиску ГПС перед регулюючим клапаном у трубопроводі подачі ГПС у піч від свого номінального значення.

З аналізу рис. 3.8 можна зробити висновок про пряму пропорціональну статичну залежність керованої величини від збурюючого впливу. Коефіцієнт лінійної регресії для усіх трьох випадків склав більше 0,99.

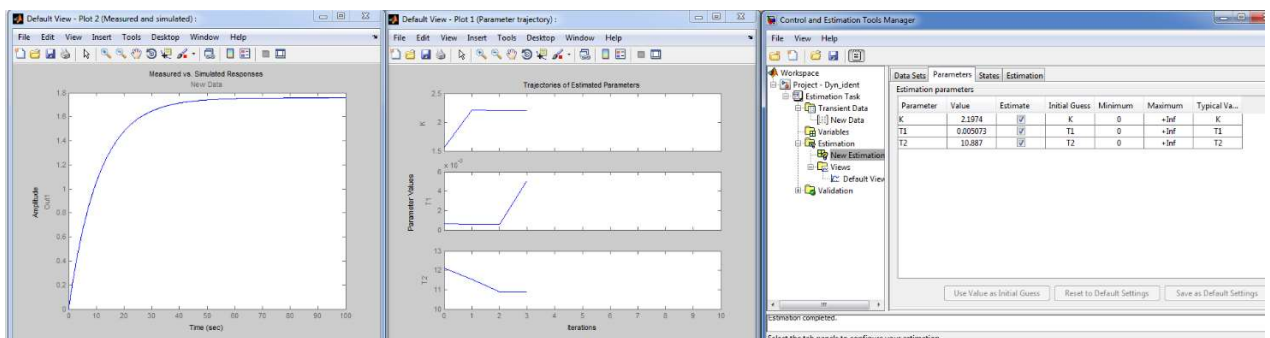
Також на основі рис.3.8 можна зробити висновок, що керуючий сигнал суттєво впливає на статичну залежність керованої величини від збурення. Збільшення керуючого сигналу призводить до суттєвої зміни коефіцієнта рівняння лінійної регресії – він також збільшується. Це означає, що чим більше величина уставки тиску у печі, що стабілізується системою керування, тим більше відхилення відбувається керованої величини при дії збурення.



a



б



в

Рисунок 3.9 – Результат параметричної ідентифікації об'єкта керування за каналом «збурення – керована величина» при керуючому сигналі 20% (а), 50% (б) та 70% (в)

На основі отриманих за допомогою імітаційної моделі експериментальних кривих розгону проведена ідентифікація об'єкта керування

за каналом «збурення – керована величина» за динамічними характеристиками (рис.3.9). При цьому збурення змінювалося східчасто з -10% до $+10\%$ від свого номінального значення при різних рівнях керуючого сигналу.

Отриманий коефіцієнт підсилення за каналом «збурення – керована величина» на рис.3.9 відрізняється від коефіцієнтів рівняння лінійної регресії на рис. 3.8, оскільки для динамічних характеристик збурення взято в абсолютних одиницях (його зміна відбулася з 3,6 до 4,4 кПа).

З аналізу рис. 3.9 можна зробити висновок, що за каналом «збурення – керована величина» динамічні властивості об'єкта керування, як і за каналом «керуючий сигнал – керована величина», описуються аперіодичною ланкою для усіх рівнів керуючого сигналу (значна точність ідентифікації має місце в усіх трьох випадках на рис. 3.9, водночас ми бачимо, що в усіх трьох випадках перша постійна часу прагне до нуля).

Також з аналізу рис. 3.9 можна зробити висновок, що постійна часу аперіодичної ланки як динамічної моделі за каналом «збурення – керована величина» є змінною величиною, що залежить від керуючого сигналу, але вона змінюється у незначному діапазоні від 10,9 до 12,1 с.

3.3 Висновки по розділу

Через нелінійність статичної характеристики регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС статична характеристика об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» також є суттєво нелінійною. При цьому вплив збурення позначається як на коефіцієнті, так і на константі рівняння лінійної регресії за умови лінеаризації середньої частини ділянки статичної характеристики. Коефіцієнт лінійної регресії при цьому склав більше 0,98.

Для усіх збурюючих впливів динамічні властивості об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» описуються аперіодичною ланкою. При цьому коефіцієнт підсилення є змінною величиною, що прямо залежить від збурення, але збурюючий вплив не діє на постійну часу аперіодичної ланки, що дорівнює 10,8 с для номінального тиску ГПС.

Встановлено, що керована величина залежить від збурюючого впливу прямо та пропорційно. Коефіцієнт лінійної регресії при цьому склав більше 0,99.

Також виявлено, що постійна часу аперіодичної ланки як динамічної моделі за каналом «збурення – керована величина» є змінною величиною, що залежить від керуючого сигналу, але вона змінюється у незначному діапазоні від 10,9 до 12,1 с.

4 ЕКОНОМІКА

У кваліфікаційній роботі розглядається економічна доцільність розробки та впровадження системи керування процесом підтримки тиску у зоні випалювання печі.

У кваліфікаційній роботі бакалавра запропоновано використовувати ПЛК VIPA та scada zenon.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

4.1.1 Вартість комплектуючих системи

Капітальні витрати, необхідні для реалізації проекрованої системи, наведено в табл. 4.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де $K_{об}$ – вартість устаткування по зведенню витрат;

$K_{тр}$ – транспортно - заготівельні й складські витрати;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження встаткування;

Таблиці 4.1 – Вартість комплектуючих системи

Найменування	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн
VIPA та scada zenon	6	2 800	16 800
Сервер Dell PowerEdge T30	1	16 460	16 460
ПК моноблок Asus Vivo AiO	1	10 500	10 500
Разом			43 760

Витрати на обладнання склали 43 760 грн. Демонтаж старого устаткування, транспортування і монтаж нового обладнання визначається в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

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

де $C_{об}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{тр} = 43760 \times 0,08 = 3500,80 \text{ грн.}$$

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 6 % від вартості обладнання.

$$M_{\text{мн}} = C_{\text{об}} \times 0,06, \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{мн}} = 43760 \times 0,06 = 2625,60 \text{ грн.}$$

Розраховавши всі показники, використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 43760 + 3500,80 + 2625,60 = 49886,40 \text{ грн.}$$

4.2 Експлуатаційні витрати

4.2.1 Амортизація обладнання

$$A = P_{\text{ст}} * N_a / 100\%, \quad (4.4)$$

де $P_{\text{ст}}$ – початкова коштовність обладнання,

N_a – норма амортизації

$$A = 43760 * 20 / 100 = 8752 \text{ грн}$$

4.2.2 Вартість електроенергії

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,68 грн:

$$V_{\text{ел}} = Z_p * V_{1\text{кВт}}, \quad (4.5)$$

де Z_p – річні витрати електроенергії,

$V_{1\text{кВт}}$ – вартість 1кВт електроенергії

Маємо:

$$V_{\text{ел}} = 57000 * 1,68 = 95760 \text{ грн}$$

4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{ном.рік}} = (T_k - T_{\text{вих.св}} - T_{\text{відп}}) * T_{\text{зм}}^{F_{\text{ном}}^{\text{год}}} = (T_k - T_{\text{пр}} - T_{\text{вык}} - T_{\text{отп}}) \cdot t_{\text{см}}, \text{ год.} \quad (4.6)$$

де T_k – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{\text{вих.св}}$ – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{\text{відп}}$ – відпустка, 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1840 \text{ годин}$$

Для надійної роботи системи в роботу буде задіяно два оператора та одного системного адміністратора.

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

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол		Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номинальний річний фонд робочого часу (годин)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (10%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
		яв.	сп.						
1	Оператор	2		30	1840	110 400	9 360	9212,8	128 972,8
2	Системний адміністратор	1		44	1840	80 960	7 864	6121,6	94 945,6
Разом									223 918,4

4.2.4 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_z, \text{ грн.} \quad (4.7)$$

$$C_c = 0,22 * 223 918,4 = 49 262,4 \text{ грн.}$$

4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт електротехнічного устаткування й мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтником.

Витрати, пов'язані з ремонтом та технічним обслуговуванням нового обладнання, становлять 3% від вартості, тобто:

$$C_{p.t.o.} = K * 0,03, \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$C_{p.t.o.} = 49 886,40 * 0,03 = 1 496,6 \text{ грн.}$$

4.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати з експлуатації комп'ютерної системи містять витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_3 \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (4.9)$$

$$C_{\text{інш.}} = 223\,918,4 \cdot 0,04 = 8\,956,7 \text{ грн.}$$

4.3 Висновки по розділу

Аналізуючи економічні показники, бачимо, що капітальні витрати становлять 49 886,40 грн.

З розрахунків, видно, що впровадження нового обладнання комп'ютерної системи та його експлуатація, є коштовними в матеріальному плані, але необхідними.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з ПК

Робота над кваліфікаційною роботою проводилась на кафедрі у лабораторії з використанням персонального комп'ютера і полягала у проектуванні автоматичної системи управління та розробці кваліфікаційної роботою на тему «Автоматизація процесів управління випалюванням керамічних виробів». Тому аналіз небезпечності шкідливих факторів буде розглядатися для користувача комп'ютера. Види шкідливих та небезпечних факторів під час роботи з ПК зведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1- Шкідливі та небезпечні фактори під час роботи з ПК [11]

№ п/п	Види шкідливих та небезпечних факторів	Нормативні документи, що визначають шкідливість роботи з комп'ютером
1	Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	1. ДСТУ EN 41003:2014 «Обладнання, яке підключають до телекомунікаційних мереж та/або кабельних розподільчих систем. Додаткові вимоги щодо безпеки». 2. ДСТУ EN 60335-1:2015 «Прилади побутові та аналогічні електричні. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги». 3. ДСТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги»
2	Підвищений рівень електромагнітних випромінювань	ДСН 239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань»
3	Підвищений рівень статичної електрики	ДСТУ 12.1.038-82. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруги дотику і струмів. Правилах улаштування електроустановок, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476

Продовження таблиці 5.1

4	Підвищена або знижена іонізація повітря	ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98)
5	Підвищений рівень шуму на робочому місці	ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
6	Перенапруга аналізаторів та монотонність праці	Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» затверджені наказом МОЗ від 08.04.2014 р. № 248

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.2.1 Заходи забезпечення електричної безпеки

Небезпека поразки електричним струмом [16], в приміщенні лабораторії, досить значна, тому що є можливість водночас часу доторкнутися до заземлюючої батареї і корпусів ПК.

Потреба в електроенергії забезпечує чотрихфазна мережа (з глухозаземленою нейтраллю), напругою 220 В і 380 В, з частотою 50 Гц. Немає можливості підключитися до лінійної напруги в 380В звичайному користувачеві в 220 В, так форм-фактори даних розеток відрізняються.

Більшість споживачів електричної енергії (системи персональних комп'ютерів, блоки живлення), в яких є можливість пробою електричні фази, представляють значну небезпеку для здоров'я і життя людей, що працюють з ними. Але дану небезпеку можна виключити методом занулення (так заземлення до 1000 В малоефективна). Для цього прокладається нульовий дріт, що з'єднуватися з глухою нейтраллю джерела, до якого і приєднують металеві корпуси все потенційних споживачів. При замиканні на корпус, електроустановка переходить в режим короткого замикання, внаслідок чого спрацьовує максимальний струмовий захист, який і відключає пошкоджену ділянку мережі [16 -18].

Так само необхідно [18]:

- зробити недоступними струмопровідних частин (прокласти кабель, проводку в трубах, в гнучких металевих рукавах, в спеціальних закритих каналах під підлогою);
- всі струмоведучі частини електрообладнання надійно ізолювати (R_3 не менше 1 МОм);
- регулярно проводити інструктажі і перевірки всіх працівників на предмет обізнаності техніки безпеки.

В системі TN-C всі провідні частини електрообладнання з'єднані з заземленою нейтраллю, що живить ТП за допомогою провідника, який поєднує в собі нульовий і захисний провідники на всій своїй протяжності. Цей варіант реалізований в більшості старих «радянських» багатоповерхівок і не виконує по своїй суті функції захисного заземлення, швидше за все захисного занулення.

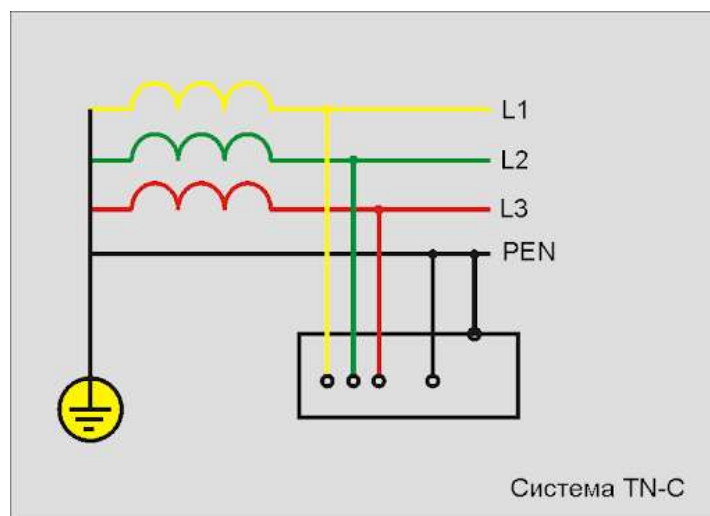






Рисунок 5.1 -Система TN-C

Основними мірами по захисту від ураження електричним струмом є [18]:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- використання ізоляції струмоведучих частин;
- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом:
- захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;

- періодична перевірка опору заземлення;
- контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

Таблиця 5.2 - Опис порядку першочергових дій у разі необхідності звільнення потерпілого від дії електричного струму в електроустановках (ЕУ) [20]

№ п/п	Порядок дій	Примітка
1	Побачивши людину, яка потрапила під напругу, насамперед треба швидко озирнутися на всі боки для виявлення наявності рубильників або інших пристроїв, що відключають і знеструмити електричну лінію. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, треба запобігти його падіння. Після знеструмлення лінії людини відразу спускають на землю, де і буде надано першу медичну допомогу.	 1
2	Стороння людина не може знати розташування рубильників на об'єкті. Якщо швидкий їх пошук не дав результатів, звільнити потерпілого від напруги можна розривом електричної мережі. Треба знайти струмопровідний провід і перерубати його сокирою, узятим з пожежного щита. При виявленні декількох проводів, їх треба перерубати окремо на деякій відстані один від одного, щоб не утворилося замикання. Використовуючи сокиру, треба звернути увагу на його рукоятку. Вона повинна бути тільки дерев'яною, інакше людина рятує потерпілого теж буде уражений струмом;	 2
3	Звільнити потерпілого від напруги можна відтягнувши його в сторону. Брати за тіло не можна. Відтягнути можна, взявши його однією рукою за сухий одяг. Якщо при огляді одяг здається вологою, необхідно знайти будь-який діелектричний предмет і пристосувати його для звільнення потерпілого. Це може бути суха дерев'яна дошка, гумовий шланг, мотузка або інший відповідний предмет. Нарешті, сухою довгою палицею можна спробувати відкинути дроти від потерпілого;	 3
4	Через тіло людини струм може проходити в землю, особливо якщо грант сирий. Ізолювати потерпілого допоможе сухий дерев'яний предмет, покладений під ноги.	 4
5	Надати першу допомогу треба швидко, так як навіть 220 вольт можуть стати смертельними для потерпілого. Людина, який надає допомогу, повинен убезпечити себе від ураження струмом. Захистити себе можна гумовим взуттям і рукавицями. В крайньому випадку, кинути під ноги на землю гумові килимки. <ul style="list-style-type: none"> – якщо потерпілий дихає, слід укласти його таким чином, щоб голова розташовувалася нижче ніг (ноги слід злегка підняти). Це необхідна протишокова міра; – ділянки тіла, пошкоджені в результаті опіку або вторинної травми, отриманої при падінні, необхідно закрити чистою тканиною, щоб не допустити потрапляння в них інфекції. Найкраще для цієї мети підійде стерильний бинт або марля, якщо їх немає - чисте лляне рушник, простирадло, сорочка. Не можна використовувати ворсисті тканини, наприклад вату, махрові рушники або вовняні ковдри; – подальші заходи полягають в підтримці життєдіяльності потерпілого до приїзду швидкої допомоги. У холодну пору року необхідно стежити, щоб не відбулося обмороження, в жарку - перегрів. 	

5.2.2 Рівень шуму на робочому місці

На наступному етапі дослідження санітарно-гігієнічних умов праці можна визначити характеристики зашумованості приміщення. Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на підприємстві становлять 86-89 дБа, що не відповідає допустимому рівню звукового тиску та звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами становить приблизно 50-60 Гц, що також відповідає нормі [15].

Джерелами виникнення шуму для офісного приміщення є лабораторії [18-24]. Шуми транспортних засобів не повинні доходити до внутрішнього середовища офісу, задля чого офісні приміщення розташовуються на відстані не менш ніж 100 м від ремонтної зони.

При тривалій дії шуму у оператора ПК виявляються симптоми стомленості, нервового збудження, що сприяють погіршенню працездатності і допущенні помилок при роботі. Тому слід забезпечити нормований рівень шуму у виробничому приміщенні та на робочому місці.

У нас в лабораторії шум створюють: системний блок(4 од.), а точніше блок живлення в системному блоці - менш 50 дБА (один метр від поверхні), джерело безперебійного живлення (4од.) - менш 50 дБА, принтер (2од.) - менш 50 дБА, вентиляційні установки – 30 дБА, кондиціонер – 60 дБА. Загальний шум в лабораторії складає 60 дБА.

Згідно з ДНАОП 0.03-33.14-85 еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 70-85 дБА.

Як заходи щодо зниження шуму можна запропонувати наступне [20-21]:

- встановити меблі із звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6-8 дБ);
- зробити екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
- встановити в приміщенні обладнання, що виробляє мінімальний шум. Наприклад, використовувати замість матричного принтера, який виробляє багато шуму, більш тихий - лазерний принтер;

- раціонально спланувати розташування ПК (не менш ніж за метр один від одного).

Захист від шуму слід виконувати відповідно до [16], а звукоізоляція огорожувальних конструкцій повинна відповідати вимогам ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму.

5.3 Пожежна профілактика

По категорії вибухо- і пожежонебезпеки, згідно дане приміщення відноситься до категорії В – пожежонебезпечне, тому що присутні тверді матеріали, що горять, такі як дерев'яні столи, папір і інше[28-31].

Найбільш ймовірною і основною причиною виникнення пожежі в приміщенні експлуатації ПЕОМ є займання електропроводки внаслідок короткого замикання та з інших причин. Тому система запобігання пожежі повинна включати наступні заходи [28-31]:

- виконання правил пожежної безпеки при роботі з комп'ютером;
- періодичний контроль цілісності і надійності електроізоляції;
- експлуатація електрообладнання без перевантаження;
- наявність протипожежних інструкцій;
- навчання, атестація і переатестація персоналу з пожежної безпеки;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики;
- періодичне зняття зарядів статичної електрики;
- заборона куріння в приміщенні.

Система пожежного захисту передбачає наступні заходи і засоби[10]: наявність пристроїв автоматичного вимкнення електроустаткування, оснащення системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими оповіщувачами, наявність первинних засобів пожежогасіння – газові вогнегасники типу ОУ-5.

У даному випадку на рисунку 5.2 показано шлях евакуації при пожежі або інших ЧС, також вказано, що в кожній кімнаті є вогнегасники [20].

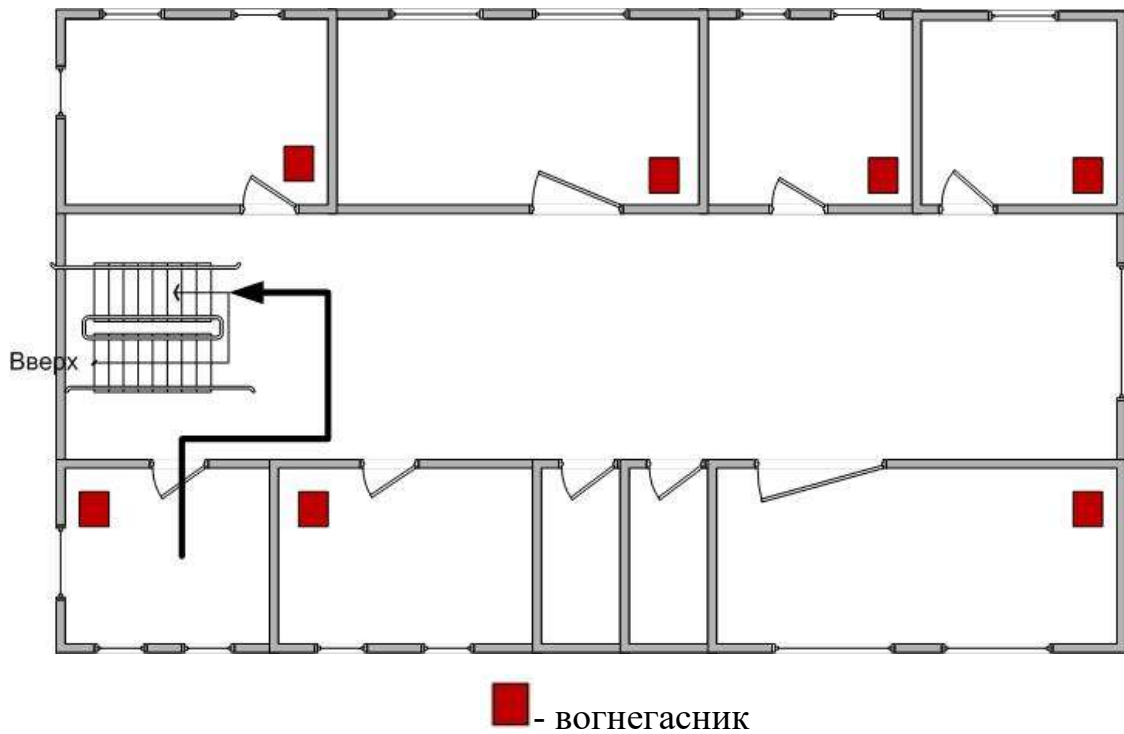


Рисунок 5.2 – Схема евакуації з приміщення

В залежності від характеру надзвичайної ситуації персоналу адміністративних приміщень необхідно керуватись наступними правилами [20]:

1. При виникненні аварій в першу чергу потрібно оцінити масштаби надзвичайної ситуації.

2. Діяти згідно правил безпеки (інструкцій), які мають бути доведені до працівників адміністративних приміщень заздалегідь, так наприклад, при пожежах потрібно остерігатися: високих температур, задимленості, загазованості, обвалу конструкцій споруд, можливих вибухів технологічного обладнання та приладів і падіння обгорілих дерев. Для уникнення травматизму при евакуації небезпечно входити в видимість - менше 10 м. Перш ніж увійти в приміщення, що горить, необхідно накритись мокрим покривалом, пальтом, плащем, або щільною тканиною. Необхідно відкривати обережно двері в задимлене приміщення, для уникнення спалаху від великого притоку свіжого повітря. У задимленому приміщенні потрібно рухайтесь повзком або пригнувшись.

При виході з небезпечних зон(приміщень) необхідно повідомити про надзвичайну ситуацію яка має місце в даній будівлі, та надавати посильну

допомогу по спасінню людей та припиненню подальшого розвитку аварії, або її локалізації.

5.4 Заходи з ергономіки

5.4.1 Раціональна організація робочого місця

Приміщення, де виконувалась робота має площу 32 м^2 , при висоті стелі $2,75\text{ м}$, об'єм приміщення становить 88 м^3 . У ньому працює три людини. Крім природного освітлення в приміщенні розташовані чотири світильники.

Головними елементами робочого місця робітника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації.

Оптимальним розміщенням предметів праці і документації в зонах досяжності рук є наступне [20, 25, 26]:

- дисплей – розміщується по центру в зоні максимальної досяжності (до 800 мм);
- клавіатура – розміщується в зоні оптимальної для ручної роботи (до 300 мм).
- системний блок – розміщується ліворуч у зоні досяжності пальців при витягнутій руці (до 600 мм).
- документація – розташовується праворуч, у зоні легкої досяжності долоні.
- контролер – розташовується ліворуч, у зоні легкої досяжності долоні, поруч з системним блоком.

З огляду на основні вимоги до конструкції робочого місця, оптимальними параметрами столу робітника є наступні [25, 26]:

- висота столу – 725 мм ;
- довжина столу – 1400 мм ;
- ширина столу – 800 мм ;
- глибина столу – 450 мм .

Також важливим моментом є раціональне розміщення на робочому місці документації, канцелярського приладдя, що повинно забезпечувати працюючому зручну робочу позу, найбільш економічні маршрути і мінімальні траєкторії переміщення працюючого і предмета праці на даному робочому місці. Виходячи з цього необхідно запропонувати розміщення обладнання у приміщенні, як наведено на рис. 5.2, за для забезпечення раціонального використання робочої зони [26].

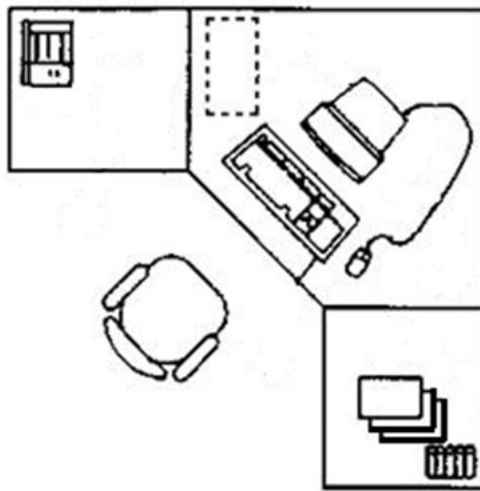


Рисунок 5.3 – Схема розміщення обладнання

5.4.2 Режим відпочинку та праці

Під час восьмигодинного робочого дня з ЕОМ розробника програм слід давати 15 хвилин перерви через кожну годину роботи (згідно із ДСанПін 3.3.2.007-98, ДСТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги»).

Робота з ПК буде виконуватися в протязі 4..6 годин, тому необхідно організувати обідню перерву для співробітників тривалістю 30 хвилин через дві години після початку праці три перерви по 15 хвилин через кожну наступну годину (згідно до вимог ДСанПін).

Для зниження втоми очей, нервово-емоційного напруження та поліпшення мозкового кровообігу доцільно хоча б одну 15-хвилинну перерву використовувати для виконання комплексу вправ або виходити на свіже повітря.

5.5 Висновки по розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці, ули визначені заходи щодо захисту співробітників від ситуацій, які б зашкодили їх життю або здоров'ю.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі об'єктом розробки є система автоматизації процесів управління випалюванням керамічних виробів.

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є закони автоматичного керування процесом випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання тунельної печі за рахунок вдосконалення алгоритму автоматичного керування.

Структура об'єкта керування є одномірною, при цьому за умови керування за тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі керуючим впливом є керуючий сигнал на привод вентиля у газопроводі, вихідним – тиск газо-повітряної суміші у зоні випалювання печі, а збуренням – тиск газоповітряної суміші у газопроводі.

За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та програмного забезпечення.

Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA та його модулі.

Розроблені схема автоматизації та схема принципова системи керування. Розроблена функціональна і електрична схема для промислового контролера VIPA 321 – 1BH70 з модулем дискретного виведення VIPA 322 – 1BF01. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

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

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

Через нелінійність статичної характеристики регулюючого клапану у трубопроводі подачі ГПС статична характеристика об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» також є суттєво нелінійною. При цьому вплив збурення позначається як на коефіцієнті, так і на константі рівняння лінійної регресії за умови лінеаризації середньої частини ділянки статичної характеристики. Коефіцієнт лінійної регресії при цьому склав більше 0,98.

Для усіх збурюючих впливів динамічні властивості об'єкта керування за каналом «керуючий сигнал – керована величина» описуються аперіодичною ланкою. При цьому коефіцієнт підсилення є змінною величиною, що прямо залежить від збурення, але збурюючий вплив не діє на постійну часу аперіодичної ланки, що дорівнює 10,8 с для номінального тиску ГПС.

Встановлено, що керована величина залежить від збурюючого впливу прямо та пропорційно. Коефіцієнт лінійної регресії при цьому склав більше 0,99. Також виявлено, що постійна часу аперіодичної ланки як динамічної моделі за каналом «збурення – керована величина» є змінною величиною, що залежить від керуючого сигналу, але вона змінюється у незначному діапазоні від 10,9 до 12,1 с.

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

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/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.
5. Котуранова Т.В., Котенко А.В. Стан та перспективи розвитку ринку керамічних матеріалів / Т.В. Котуранова, А.В. Котенко // Економічний простір. - 2020. □ №161. - С. 43-48
6. Країнський звіт України : веб-сайт. URL: <http://ceramic.com.ua/cer-country-report-ukraine/> (дата звернення: 20.03.2021)
7. В Україні прискорилося падіння одного з головних економічних показників / Економічна правда: веб-сайт: URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/04/23/659752/> (дата звернення: 20.03.2021)

8. Промислове виробництво за минулий рік скоротилося на 5,2% - Держстат / Укрінформ : веб-сайт: URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3176370-promislove-virobnictvo-za-minulij-rik-skorotilosa-na-52-derzstat.html> (дата звернення: 20.03.2021)
9. Тугов В.В., Сабанчин В.Р. Автоматизация процесса обжига керамического кирпича : монография/ В.В. Тугов, В.Р. Сабанчин // Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург : ОГУ, 2019. □ 150 с.
10. Обсяг виробленої продукції підприємств [Електронний ресурс] // Державна служба статистики. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (<https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-kirpichej-ukrainy-v-2016-6-mes-2018-gg>)
11. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
12. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
13. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
14. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
15. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
16. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
17. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
18. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
19. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.

20. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
21. 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.
22. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
23. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
24. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
25. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
26. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.13.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.13.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.13.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.13.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.13.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.13.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.17.13.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Продан		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління випалюванням керамічних виробів», студента гр. 151-17-1 Продан Богдан Шихахмедович

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

Об’єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є закони автоматичного керування процесом випалювання керамічної цегли у тунельній печі.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу автоматичного керування тиском газо-повітряної суміші у зоні випалювання тунельної печі за рахунок вдосконалення алгоритму автоматичного керування.

На основі аналізу процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі як об’єкта автоматичного керування запропоновано у якості апаратного забезпечення використати контролер VIPA з необхідними модулями вводу-виводу і модулями живлення.

Дослідження динамічних властивостей процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі виконано за допомогою розробленої імітаційної моделі об’єкта керування, в якій встановлені аналітичні зв’язки не тільки між керованою й керуючою величиною, а й між керованою величиною та збуренням. Дослідження показали, що процесу випалювання керамічної цегли у тунельній печі є складним об’єктом для керування через нелінійність статичної характеристики та нестационарність параметрів моделі.

Розглянуто комплекс питань щодо економіки та охорони праці.

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

Рецензент,
_____.06.2021
