

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»
Форма навчання Денна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Корхова Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

Автоматизація металургійного виробництва. Автоматизована система
керування процесом плавки сталі в цеху ливарно-ковальського виробництва
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами ПАТ „АрселорМіттал Кривий Ріг”

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник ДОЦЕНТ, К.Т.Н.

(наук. ступінь, вчене звання)

(підпис)

Григор'єва В.Г.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 16.06.2026 р. № 397-ст

Завідувач кафедри

(підпис)

доцент, к.п.н.

Наук. ступень, вчене звання

Є.О. Модло

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

_____ Корхова Олександра Олександровича _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної кваліфікаційної роботи

Автоматизація металургійного виробництва. Автоматизована система
керування процесом плавки сталі в цеху ливарно-ковальського виробництва
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник випускної роботи _____ Григор'єва Вікторія Георгіївна, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» квітня 2026 року
№ 239-ст

2. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи 02.06.2026

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:

Об'єкт автоматизації - дугова сталеплавильна піч ДС-6Н1, цех ливарно-
ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»; номінальна
ємність - 6 т; потужність пічного трансформатора - 4 МВ·А; первинна напруга -
6 кВ; межі вторинної напруги - 118-281 В; максимальний вторинний струм - 10
кА; діаметр графітового електрода - 300 мм; питома витрата електроенергії -
480 кВт·год/т; максимальна швидкість переміщення електродів - 6 м/хв;
швидкодія відпрацювання коротких замикань - 1,5-3 с; кількість стадій
плавлення - 5; керуючий пристрій - Siemens SIMATIC S7-1500.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити.

4.1 Аналітична частина: Патентний пошук у галузі автоматизації ДСП.
Характеристика печі ДС-6Н1 як об'єкта автоматизації. Аналіз стадій плавлення
та вимоги до системи керування. 4.2 Основна частина: Розробка
функціональної схеми автоматизації. Алгоритм стадійного керування
електричним режимом. Алгоритм фіксування моменту запалення дуг. Алгоритм

занурення електродів у шихту. Алгоритм стадії проплавлення колодязів. Алгоритм реалізації завдань струму. Алгоритм керування перемиканням ступені напруги. Вибір датчиків і виконавчих механізмів. Компонування АСУ на базі Siemens SIMATIC S7-1500. Заходи з охорони праці: аналіз шкідливих чинників, заходи зниження, пожежна профілактика.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) ВРБ.174.239-ст.09.Е2 - Функціональна схема автоматизації ДСП; ВРБ.174.239-ст.09.Е1 - Структурна схема АСУ; ВРБ.174.239-ст.09.Е0.1 - Алгоритми керування електричним режимом, фіксування моменту запалення дуг та занурення електродів у шихту; ВРБ.174.239-ст.09.Е0.2 - Алгоритми стадії проплавлення колодязів, реалізації завдань струму, керування перемиканням ступені напруги.

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Григор'єва В.Г.	10.04.2026	10.04.2026
Основна частина	Григор'єва В.Г.	10.04.2026	10.04.2026

7. Дата видачі завдання 10.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	01.05.2026	
2.	Основна частина	22.05.2026	
3.	Оформлення пояснювальної записки	28.05.2026	
4.	Виконання графічної частини	29.05.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	08.06.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Корхов О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи

(підпис)

Григор'єва В.Г.

(прізвище та ініціали)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення	Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим.				
1	A3	ВРБ.174.239-ст.09.Е2	Функціональна схема	1						
2			автоматизації ДСП							
3										
4	A3	ВРБ.174.239-ст.09.Е1	Структурна схема АСУ	1						
5										
7	A3	ВРБ.174.239-ст.09.Е0.1	Алгоритми керування	1						
8			електричним режимом,							
9			фіксування моменту							
10			запалення дуг,							
11			та занурення							
12			електродів у шихту							
13										
14	A3	ВРБ.174.239-ст.09.Е0.2	Алгоритми стадії	1						
15			проплавлення колодязів							
16			реалізації завдань							
17			струму, керування							
18			перемиканням ступені							
19			напруги							
20										
21	A4	ВРБ.174.239-ст.09.ПЗ	Пояснювальна записка	47						
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
				ВРБ.174.239-ст.09.ВР						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Автоматизація металургійного виробництва. Автоматизована система керування процесом плавки сталі в цеху ливарно-ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» Відомість роботи		Літера	Аркуш	Аркуші	
Розроб.		Корхов О.О.							4	1
Пров.		Григор'єва В.Г.								
Н.контр.		Григор'єва В.Г.								
Затв.		Модло Є.О.					ННТІ ДУЕТ Каф.ЕІА гр. АВ-23ск			

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 47 стор., 11 рис., 6 табл., 28 джерел.

Об'єкт розробки: технологічний процес виплавки сталі в дуговій сталеплавильній печі ДС-6Н1, змонтованій у цеху ливарно-ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

У роботі досліджено особливості функціонування печі як об'єкта керування, проаналізовано відомі аналогічні системи, визначено вимоги до автоматичної системи регулювання (АСР) електричного режиму, описано принцип дії спроектованої системи, розроблено функціональну схему автоматизації, обрано технологічні датчики та сформовано структуру управляючого обчислювального комплексу (УОК).

Крім того, проаналізовано умови праці, виробничої санітарії та гігієни в зоні сталеплавильної печі, розглянуто питання охорони праці й пожежної профілактики, запропоновано технічні заходи, що усувають або зменшують вплив виявлених небезпечних і шкідливих чинників.

Ключові слова: алгоритм керування, датчики технологічних параметрів, дугова сталеплавильна піч, електричний режим, мікропроцесорна система, регулювання потужності, управляючий обчислювальний комплекс.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Патентний пошук	9
1.2 Технічне завдання на створення системи	10
1.2.1 Призначення та мета створення системи автоматизованого керування процесом плавки в дуговій печі.....	10
1.2.2 Характеристика виробничого процесу як об'єкта автоматизації	11
1.2.3 Вимоги до системи.....	14
1.2.4 Вимоги до точності визначення основних контрольованих параметрів	17
1.2.5 Вимоги щодо діагностування системи.....	19
1.2.6 Вимоги до надійності.....	19
1.2.7 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів	20
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Принцип дії системи	21
2.1.1 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	21
2.1.2 Керування електричним режимом.....	23
2.2 Вибір апаратури та засобів автоматизації	32
2.3 Компонування управляючого обчислювального комплексу (УОК).....	36
2.3.1 Апаратне забезпечення	38
2.3.2 Програмне забезпечення	39
2.4 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності	39
2.4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників	39
2.4.2 Заходи щодо зниження впливу шкідливих і небезпечних чинників в умовах ливарно-ковальського цеху.....	41
2.4.3 Пожежна профілактика.....	42
ВИСНОВКИ.....	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	45

ВСТУП

Одним із стратегічних пріоритетів розвитку економіки України є підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та зниження енергоємності промислового виробництва [1]. Провідну роль у реалізації цих завдань відіграє чорна металургія, зокрема електрометалургійний комплекс – одна з найбільш енергоінтенсивних галузей [2].

В електрометалургійному та машинобудівному секторах України в промисловій експлуатації перебувають дугові сталеплавильні печі (ДСП) ємністю від 1,5 до 100 тонн. Питомі витрати електроенергії вітчизняних підприємств залишаються суттєво вищими порівняно з показниками США, Німеччини, Японії та Швеції. Інтенсифікація електричного режиму (ЕР) – характерна тенденція сучасного електросталеплавлення і один із найдієвіших шляхів підвищення ефективності виробництва [3]. Водночас динамічний, нелінійний і несиметричний характер навантаження ДСП ускладнює забезпечення електромагнітної сумісності печі з живильною мережею.

З огляду на постійне зростання вартості енергоносіїв і підвищення складності ДСП як об'єкта керування, комплексне підвищення ефективності електросталеплавильного процесу є актуальним науково-технічним завданням [4].

На переважній більшості трифазних ДСП регулювання режиму плавлення виконується одноконтурними електромеханічними або електрогідравлічними регуляторами потужності дуг. Властива їм значна інерційність зумовлює низьку динамічну і статичну точність підтримання координат ЕР. Застосування регуляторів нового покоління з електронними та мікропроцесорними компонентами підвищує швидкодію і розширює функціональні можливості керування, що позитивно впливає на продуктивність і питомі витрати електроенергії [5]. Проте рішення про зміну керуючих впливів у таких системах нерідко містять похибку, зумовлену суб'єктивністю оцінки технологом поточної стадії плавлення.

Автоматичні регулятори ЕР займають нижній щабель ієрархічної структури автоматизації ДСП. Вищі рівні відведено системам, що коригують завдання регуляторам і забезпечують перемикання ступенів трансформатора. Ці функції реалізуються системами «стадійного керування», що ідентифікують стадії розплавлення шихти та встановлюють відповідні завдання регулятору і ступінь напруги трансформатора. Такий підхід ґрунтується на припущенні про сталість умов усередині кожної стадії; завдання керування зводиться до визначення меж стадій і вибору раціонального електричного режиму для кожної з них [6, 7].

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Патентний пошук

В процесі виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз патентної бази щодо відомих технічних рішень у галузі автоматизації дугових сталеплавильних печей [8].

Патент [1] стосується методу ліквідації обриву дуги в дуговій електропечі. Запропоноване рішення скорочує час повторного займання дуги після обриву, завдяки чому зменшуються втрати електроенергії та науглецювання металу. Визначальна особливість способу: момент зміни полярності напруги на приводному двигуні переміщення електрода встановлюється на основі вимірної довжини дуги та швидкості переміщення електрода у момент обриву. Це забезпечує мінімальний час повторного займання.

Патент [2] розкриває метод керування ЕР дугової печі в процесі плавлення. Задане значення витрати електроенергії на кожній технологічній стадії визначається відповідно до коефіцієнта $\text{tg}(\Psi_d)$, що характеризує властивості дуги залежно від струму та фазної напруги ступенів пічного трансформатора. Значення задається пропорційно масі шихти на відповідній стадії за заздалегідь складеним графіком плавлення. Після досягнення нормованої витрати виконується перемикавання завдань регулятору ЕР.

Патент [3] описує метод керування ЕР при виплавці сталі з безперервним завантаженням металізованих котунів. Фактичний тепловміст ванни і поточна температура металу розраховуються через оцінку теплової потужності випромінювання дуг. На основі визначеного коефіцієнта потужності формується команда на зміну швидкості завантаження шихти.

У патенті [4] описано пристрій автоматичного регулювання потужності трифазної дугової електропечі з датчиками струму і напруги дуги, блоком

порівняння, підсилювачем і механізмом переміщення електрода. Суттєвий недолік – низька динамічна та статична точність регулювання потужності дуг.

Як прототип обрано рішення за патентом [5] – пристрій регулювання потужності трифазної ДСП. До схеми введено датчик потужності дуги, з'єднаний з датчиками струму та напруги дуги і підключений до другого входу регулятора режимної координати. Додатковий швидкодіючий контур стабілізації потужності дуги суттєво зменшує динамічні та статичні похибки регулювання і забезпечує рівномірніший за фазами процес введення активної потужності в піч.

1.2 Технічне завдання на створення системи

Кваліфікаційна робота присвячена розробці мікропроцесорної системи керування електричним режимом розплавлення шихти в ДСП [9].

1.2.1 Призначення та мета створення системи автоматизованого керування процесом плавки в дуговій печі

До основних завдань автоматизованого керування процесом плавки в дуговій печі належать [10, 11]:

а) Централізований моніторинг перебігу технологічного процесу з автоматичною сигналізацією та реєстрацією відхилень контрольованих параметрів від встановлених норм.

б) Керування металургійним процесом: розрахунок оптимального складу шихти; керування завантаженням печі; визначення обсягів подачі кисню та шлакоутворювальних матеріалів; прогнозування закінчення технологічних стадій.

в) Керування енергетичним режимом: оптимальне введення електроенергії; максимальне використання встановленої потужності; мінімізація питомих витрат; забезпечення стійкої роботи обладнання.

г) Керування допоміжними операціями: відбір проб металу, вимірювання температури ванни.

д) Збирання та оброблення технологічної інформації: облік витрат матеріалів та ресурсів, формування паспортів плавок.

є) Контроль стану обладнання з реєстрацією несправностей та аварійних зупинок.

АСУ ТП виплавки сталі в дугових печах виконує такі функції [10]:

- розрахунок компонентів шихти, кисню для легування та матеріалів для шлакоутворення;

- розрахунок параметрів електричного режиму;

- формування та коригування завдань локальним системам керування;

- реєстрація й сигналізація відхилень поточних параметрів від заданих, а також несправностей обладнання;

- централізований моніторинг основних техніко-економічних показників;

- надання операторам оперативної технологічної інформації.

Система автоматизації дугової електроплавки вирішує комплекс взаємопов'язаних завдань електричного, енергетичного, технологічного та організаційно-економічного характеру. Керовані впливи: електрична потужність, напруга дуги, склад шихти, витрата кисню, електромагнітне перемішування ванни. Неконтрольовані збурення виникають через нестабільність процесів і знос обладнання. Управління здійснюється в автоматичному або ручному режимі залежно від операції [6, 7, 8, 9, 10, 11].

1.2.2 Характеристика виробничого процесу як об'єкта автоматизації

Об'єктом автоматизації є технологічний процес виплавки сталі в ДСП ДС-6Н1, встановлений у цеху ливарно-ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» [11].

Піч ДС-6Н1 – модифікована версія агрегату ДС-5МТ з електромеханічним приводом механізму переміщення електродів і викатною ванною. Основні технічні характеристики наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Основні технічні дані ДСП ДС-6Н1

Найменування параметра	Од. вим.	Величина
Номінальна ємність	т	6
Потужність трансформатора	МВ·А	4
Первинна напруга електропічного трансформатора	кВ	6
Межі вторинної напруги	В	281–118
Максимальний вторинний струм	кА	10
Діаметр графітового електрода	мм	300
Діаметр ванни на рівні укосів	мм	3020
Глибина ванни від рівня порога	мм	425
Висота плавильного простору	мм	1200
Питома витрата електроенергії на розплавлення твердої завалки	кВт·год/т	480
Розрахункова витрата охолодної води	м³/год	26
Маса металоконструкцій	т	50
Максимальна швидкість переміщення електродів	м/хв	6

Процес плавлення в ДСП умовно поділяється на п'ять послідовних стадій (рис. 1.1):

- занурення електродів у шихту;
- проплавлення колодязів;
- стадія закритих дуг;
- стадія відкритих дуг;
- стадія доплавлення.

Для кожної стадії встановлюються значення струму і напруги дуги. Початок стадії фіксується за сигналами датчиків або значеннями функцій стану об'єкта.

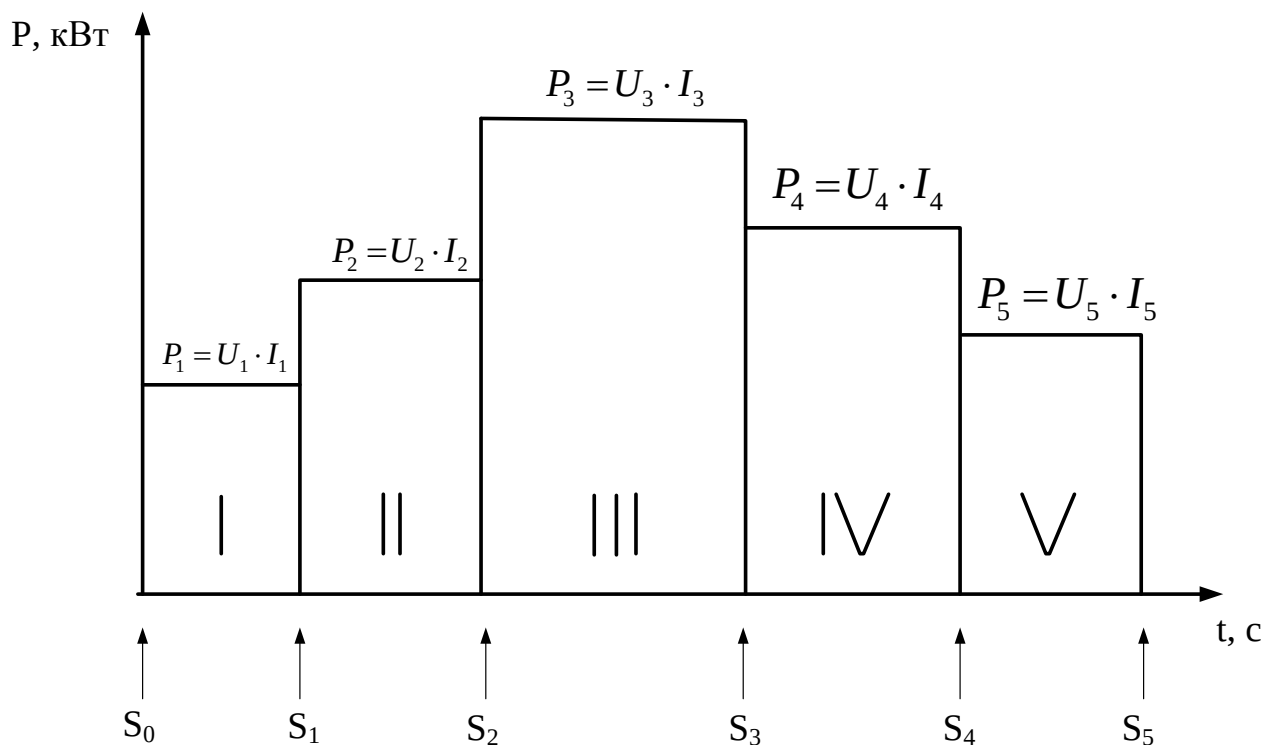


Рис. 1.1. Стадії плавлення в дуговій сталеплавильній печі
(розроблено автором)

Умовні позначення (рис. 1.1):

- S_0 – кон'юнкція сигналів від перемикача «руч/авт» (положення «авт») та сигналу включення в/в вимикача;
- S_1 – сигнал проходження електродами заданої відстані;
- S_2 – формується при зниженні швидкості опускання електродів до нуля;
- S_3 – сигнал перевищення заданої температури футеровки;

- S_4 – сигнал досягнення заданої кількості введеної енергії;
- S_5 – сигнал досягнення заданої температури металу.

1.2.3 Вимоги до системи

Система здійснює контроль і керування технологічним процесом на ТОУ з можливістю обміну інформацією між ієрархічними рівнями [12].

Нижній і середній рівень системи виконують:

- вимірювання технологічних параметрів;
- попереднє оброблення сигналів (масштабування, цифрова фільтрація, математичні перетворення);
- автоматичне регулювання окремих технологічних параметрів;
- логічне керування запірними органами;
- звукову та світлову сигналізацію відхилень від норми;
- візуалізацію параметрів технологічного процесу;
- контроль справності обладнання;
- ведення локальних баз даних нижнього рівня у реальному часі;
- діагностику засобів системи (зокрема каналів введення аналогових сигналів);
- формування та передачу даних на верхній рівень.

Вимоги до каналів зв'язку з об'єктом: уся аналогова інформація перетворюється на цифрову; усі сигнали проходять через гальванічну розв'язку; відповідна цифрова інформація перетворюється назад в аналогову форму.

Вимоги до регуляторів:

- швидкодія відпрацювання коротких замикань і обривів дуги – 1,5-3,0 с;
- час регулювання – не більше 3-4 с;
- автономне регулювання по кожній фазі з мінімізацією перехресних переміщень;
- автоматичне займання дуг без поломок електродів;

- зупинка виконавчого механізму при зникненні живлячої напруги;
- зона нечутливості В не перевищує рівня, що спричиняє «мочання» електродів у рідкому металі;
- незалежність потужності дуги від коливань живлячої напруги та параметрів струмопроводу;
- можливість плавної зміни завдання потужності (струму) та автоматичного коригування від УВМ;
- надійна робота в умовах виробництва; обмеження пускових струмів;
- виявлення некондуктивної шихти та своєчасна зупинка електродів.

Вимоги до пульта керування: два режими – автоматичний і ручний; ключ сталевара; кнопка задання струму; перемикач ступенів напруги.

Вхідна інформація АСУ надходить у вигляді аналогових, числоімпульсних і позиційних сигналів від первинних і вимірювальних перетворювачів. Аналогові сигнали нормалізуються та перетворюються на цифрові. Вихідна інформація – завдання локальним системам, рекомендації оператору, паспорти плавок. Дані вводяться до ЕОМ автоматично або вручну (табл. 1.2).

На екрані ЕОМ відображаються: режим роботи; стан в/в вимикача; поточна стадія процесу; задане значення струму; ступінь напруги; температура металу; витрата електроенергії; запит і результати вимірювання температури.

Вхідна інформація АСУ ТП ДСП

№	Вид інформації	Джерело інформації	Примітка
1	2	3	4
1	Маса металошихти	Платформні тензометричні ваги	
2	Маса добавок (легуючих, сипучих тощо)	Тензометричні датчики на дозаторах	
3	Маса металу, що зливається	Кранові тензометричні ваги	
4	Витрата кисню й газу на пальники	Діафрагма + дифманометр або аналоги	
5	Витрата охолодної води конструкцій печі	Діафрагма + дифманометр або аналоги	
6	Температура металу	Термопары занурення	Застосовуються у змінних блоках
7	Температура охолодної води	Термометри опору	
8	Температура кожуха й подини	Термопары ХА	Вимірюється у кількох точках
9	Хімічний склад металу (шлаку)	Квантометри, експрес- аналізатори	Проби – пневмопоштою
10	Положення фурми	Датчики положення	

1	2	3	4
11	Струми дуг фаз	Трансформатори струму (пояси Роговського)	Сигнал 0-5 А
12	Напруга фаз	Знижувальні трансформатори	
13	Лінійні напруги	Те саме	
14	Активна потужність	Датчики потужності	
15	Реактивна потужність	Те саме	
16	Витрата активної і реактивної енергії	Лічильники з імпульсним виходом	
17	Ступінь напруги трансформатора	Перемикач ступенів напруги	Шифратор для зменш. кількості сигналів
18	Положення печі	Кінцеві вимикачі на печі	Ванна, звід, нахил тощо
19	Стан в/в вимикача	Сигнал з ел. схеми печі	
20	Крайні положення електродів	Кінцеві вимикачі	

1.2.4 Вимоги до точності визначення основних контрольованих параметрів

Вимоги до точності визначення основних контрольованих параметрів наведено в табл. 1.3.

Вимоги до точності визначення параметрів САУ

№	Агрегат	Призн.	Параметр	Вел.	Од.	Автоматиз.	Точн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ДСП	Плавка сталі	Температура металу	1800	°C	Авт. контроль	±5%
			Тиск газу в печі	0,055	кг/см ²	Авт. регулювання	0,5-1%
			Температура футеровки	1500	°C	Авт. регулювання	±5%
			Склад відхідних газів	—	—	Авт. регулювання	0 -10%
			Температура відхідних газів	200	°C	Авт. контроль	±5%
			Витрата відхідних газів	110	м ³ /год	Авт. контроль	±5%
			Витрата кисню у ванну	80	м ³ /год	Авт. контроль	±4%
			Тиск охолодної води	0,8	кг/см ²	Авт. контроль	0,5-1%
			Витрата охолодної води	66	м ³ /год	Авт. регулювання	±5%
			Температура охолодної води	30	°C	Авт. контроль	±5%
			Струм фази	10	кА	Авт. регулювання	0,5–3%
2	Пічний трансформатор	Живлення	Напруга	281	В	Авт. регулювання	2–5%

1.2.5 Вимоги щодо діагностування системи

Програмні й апаратні засоби системи забезпечують діагностику та самодіагностику компонентів. Інформація формується через вбудовані індикатори і повідомлення, що надходять до робочих станцій через локальну мережу.

Засобами самодіагностики реєструються:

- збій пам'яті програм, невідповідність модуля введення/виведення, спрацьовування сторожового таймера;
- стан засобів вимірювальної техніки, механізмів та обладнання з прив'язкою до часу;
- обрив кола аналогового датчика зі сигналом 4-20 мА;
- відмова джерел живлення постійного струму 24 В;
- вихід за допустимі межі напруги живлення 220 В змінного струму на вводі шафи контролерів;
- відмова чи зупинка робочих станцій та контролерів;
- відмова зв'язку контролерів зі станціями оператора;
- відмова комутаторів мережі Ethernet;
- відмова одного каналу або повна відмова дубльованої мережі.

Діагностичні повідомлення надходять до станції оператора та реєструються черговим персоналом.

1.2.6 Вимоги до надійності

Система належить до класу систем тривалої безперервної роботи з відновлюваними та обслуговуваними компонентами. Відмовою вважається: неможливість визначення параметра з потрібною точністю; хибне або пропущене спрацьовування аварійної сигналізації; невиконання або помилкове виконання команди керування.

При відмові окремих підсистем решта зберігає працездатність; керування переводиться в ручний режим. Система забезпечує: автономне функціонування контролерів при відмові ліній зв'язку; збереження даних у енергонезалежній пам'яті протягом не менш як 72 год.

Час виникнення та ліквідації аварії фіксується апаратно. Середній час відновлення контролера – не більше 30 хвилин. Напрацювання мікропроцесорних контролерів на відмову – не менш як 30 000 год; датчиків і виконавчих механізмів – не менш як 18 000 год.

1.2.7 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Встановлено такі умови роботи [12]:

- блок контролера – кліматична група В2;
- датчики – кліматична група С1;
- стійкість до атмосферного тиску: група Р1;
- стійкість до вібрації: група N2.

Зазначені вимоги визначають допустимі межі зовнішніх впливів і забезпечують надійну роботу системи в умовах ливарно-ковальського виробництва.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Принцип дії системи

2.1.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації ДСП наведена на рис. 2.1. Пристрої вимірювання та регулювання відображено для однієї фази; системи подачі добавок і газового контролю не показано. Майже вся первинна інформація надходить до ЕОМ і передається оператору на дисплей у вигляді переліку або за вибором. Переважна частина сигналів від датчиків спочатку надходить до шафи перетворювачів у приміщенні ЕОМ [10].

На функціональній схемі відображено:

- параметри технологічного процесу, що контролюються та регулюються автоматично;
- наявність захисту та аварійної сигналізації;
- схему блокування механізмів;
- структуру пунктів контролю та управління;
- функціональні характеристики кожного вузла контролю, сигналізації та регулювання;
- застосовані технічні засоби автоматизації.

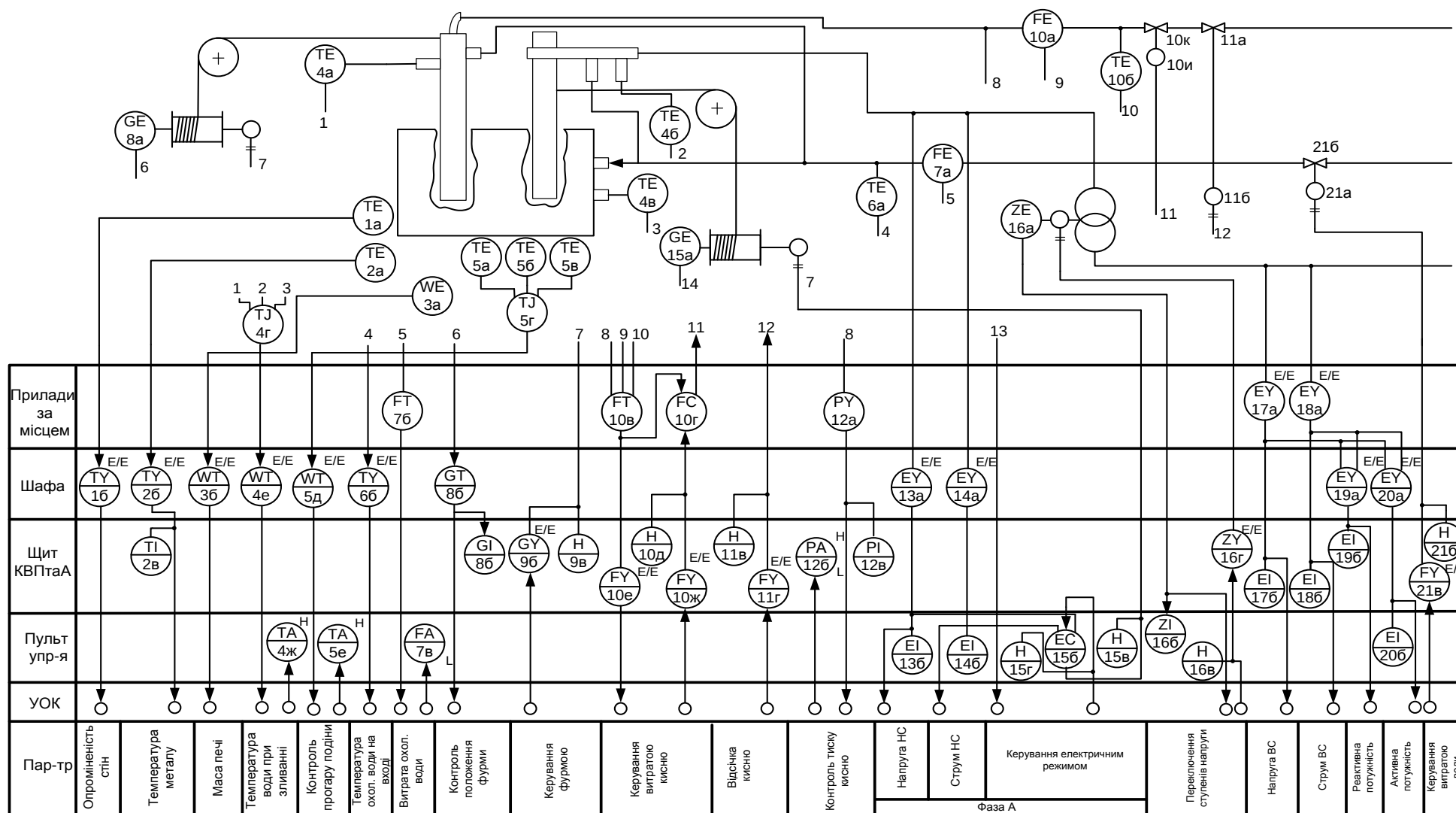


Рис. 2.1. Функціональна схема автоматизації ДСП
(розроблено автором)

2.1.2 Керування електричним режимом

Автоматичні регулятори ЕР розміщені на нижньому шаблі ієрархічної структури автоматизації ДСП. Вищі рівні займають системи, що коригують завдання регуляторам і забезпечують перемикання ступенів трансформатора. Ці функції виконуються блоком «стадійного керування».

«Стадійне» керування базується на виявленні стадій розплавлення шихти та встановленні відповідних завдань регулятору і ступеня напруги трансформатора. Спочатку застосовувалися статичні критерії (за часом або витратою електроенергії), а потім перейшли до динамічних методів – за показаннями датчиків [9].

Стадійне керування виходить з умов сталості умов усередині кожної стадії. Зокрема: при займанні дуг потужність обмежується через близькість зводу; при проплавленні колодязів – через ризик утворення вузьких колодязів і можливої поломки електродів; у стадії закритих дуг обмежень немає; у стадії відкритих дуг і доплавлення – через вплив відкритої дуги на стінки печі. Критерії розпізнавання стадій наведено в табл. 2.1.

Загальний алгоритм керування ЕР наведено на рис. 2.2. Алгоритм розрахований на плавку без підвалок шихти; за наявності підвалок деякі стадії повторюються. Після закінчення кожної стадії (крім останньої) змінюються завдання ступеня напруги U та струму I після заданої часової затримки τ . По завершенні останньої стадії формується сигнал початку окиснювального продування. Алгоритм також фіксує початкові положення електродів L_0 трьох фаз.

Критерії розпізнавання стадій розплавлення шихти в ДСП

Назва стадії	Ознака початку	Ознака закінчення	Параметри режиму
1	2	3	4
Занурення електродів у шихту	Займання дуг	Проходження електродом заданої відстані x_0	$I=I_1$; $B=B_1$
Проплавлення колодязів	Проходження відстані x_0	Уповільнення руху донизу $V < V_0$; спрацьовування нижнього вимикача $K=K_1$	$I=I_2$; $B=B_2$
Стадія закритих дуг	$V < V_0$	Кількість к.з. від обвалів шихти нижча за $N_{\text{зад}}$	$I=I_3$; $B=B_3$
Стадія відкритих дуг	$N < N_{\text{зад}}$	Досягнення витрати $W=W_4$	$I=I_4$; $B=B_4$
Нагрівання металу	$W=W_4$	Температура металу $T \geq T_{\text{м.з.}}$	$I=I_5$; $B=B_5$

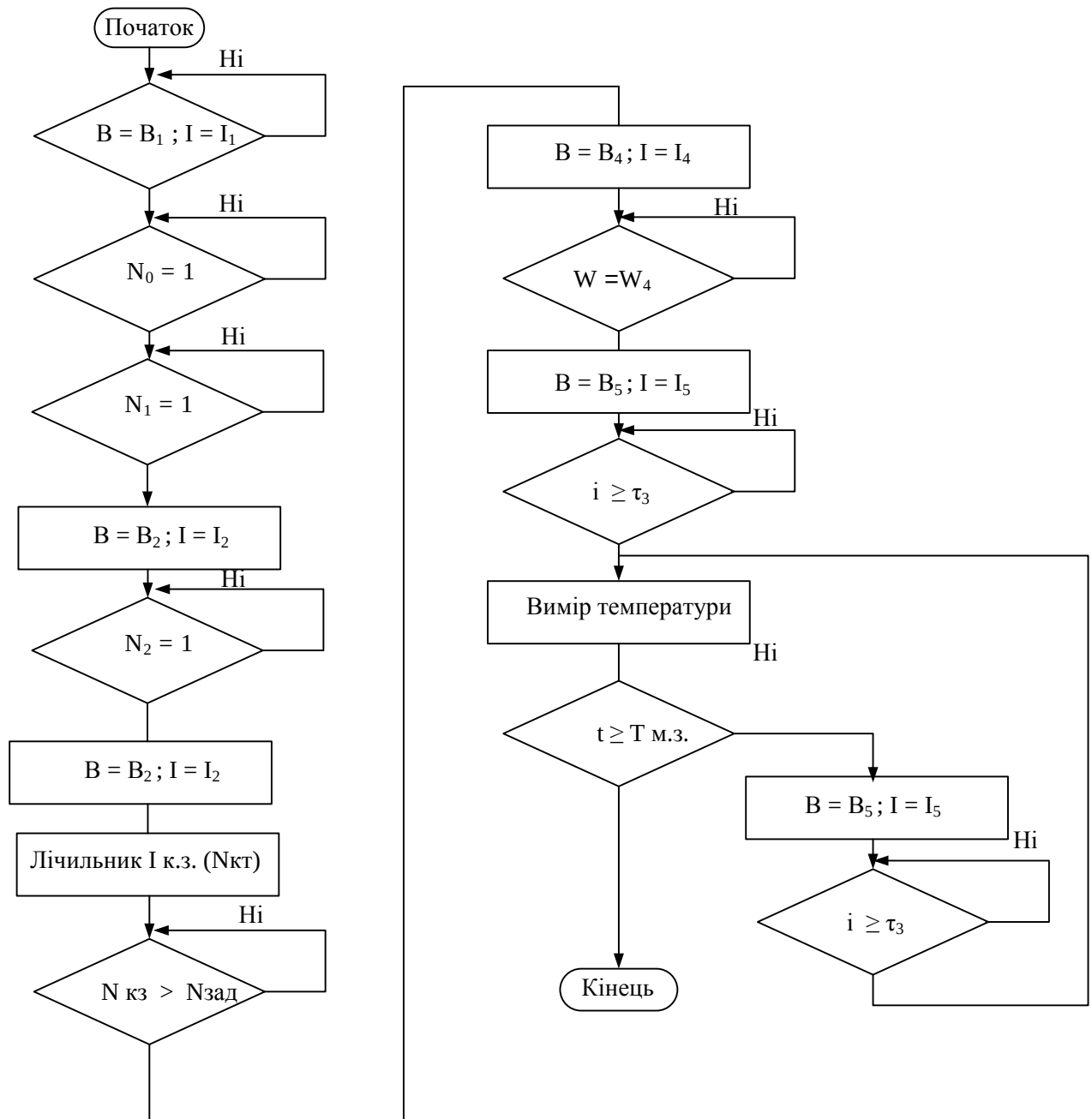


Рис. 2.2. Схема алгоритму керування електричним режимом ДСП

(розроблено автором)

Алгоритм фіксування моменту займання дуг наведено на рис. 2.3. Він забезпечує фіксацію моменту появи струму у всіх трьох фазах та реєстрацію положень електродів. Алгоритм разової дії, запускається зовнішнім алгоритмом. Вхідна інформація: поточні положення електродів L_0 ; ознаки наявності струму в колах фаз.

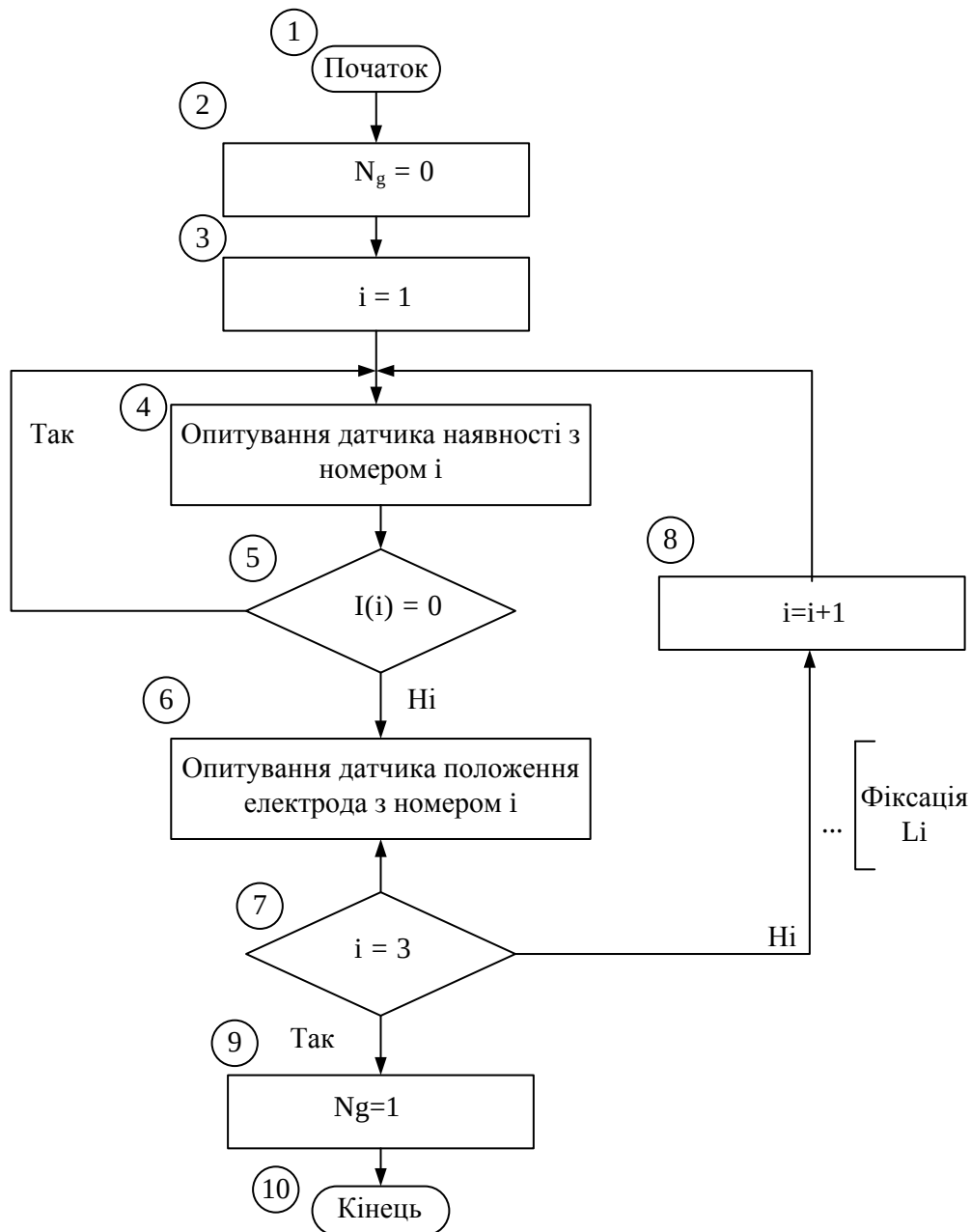


Рис. 2.3. Алгоритм фіксування моменту займання дуг
(розроблено автором)

Послідовність функціонування алгоритму (рис. 2.3): присвоєння нульового індексу стадії $N_g=0$, опитування датчиків струму з першої фази (блоки 1–4); перевірка наявності струму і зчитування положення електрода (блоки 5, 6); при наявності струму у всіх трьох фазах – формування сигналу $N_g=1$ (блоки 7–10). Цей сигнал запускає алгоритм занурення електродів у шихту (рис. 2.4).

Після сигналу $N_1 = 1$ і умови $L_g > L_3$ змінюються завдання ($B=B_2$, $I=I_2$) і запускається алгоритм проплавлення колодязів (рис. 2.5).

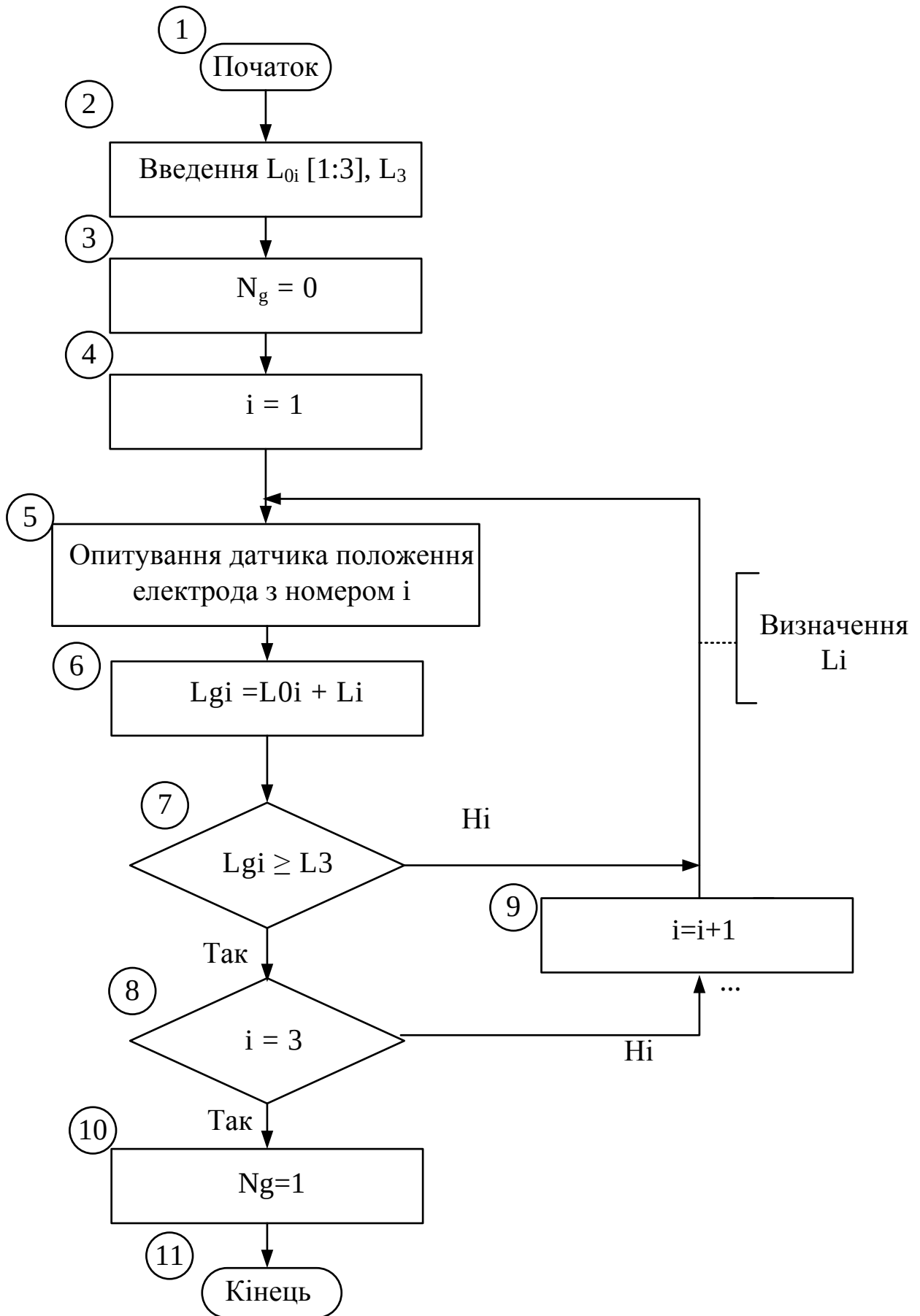


Рис. 2.4. Алгоритм стадії занурення електродів у шихту
(розроблено автором)

Алгоритм (рис. 2.4) фіксує закінчення стадії занурення. Послідовність: введення заданих значень і $N_g=0$ (блоки 1-3); послідовне опитування датчиків положення електродів із порівнянням із заданою величиною (блоки 4-7); при зануренні всіх трьох електродів на задану глибину – $N_g=1$ (блоки 8–11).

Алгоритм (рис. 2.5) фіксує закінчення стадії проплавлення та визначає глибину проплавлених колодязів. Опитування датчиків – кожні 30 с; перехід до наступної фази – лише за умови незбільшення глибини колодязя у двох послідовних тактах n і $n+1$. Закінчення стадії – $N_2 = 1$ (блоки 10-14).

Закінчення стадії закритих дуг: $N \leq N_{\text{зад}}$ за проміжок $\Delta\tau \geq \tau_1$. Закінчення стадії відкритих дуг: $W=W_3$. Закінчення стадії доплавлення: $T \geq T_{\text{мз}}$; якщо температура нижча, через час $\Delta\tau \geq \tau_3$ вимір повторюється.

Алгоритм реалізації завдань струму (рис. 2.6) забезпечує передачу розрахованих завдань на регулятор положення електродів і перевірку фактичного виходу на заданий режим. Вхідні дані: рекомендовані завдання I_{y1} , I_{y2} , I_{y3} ; виміряні струми I_1 , I_2 , I_3 ; положення перемикача «РУЧ-УВК» ($P=0$ – УВМ; $P = 1$ – ручне керування).

Завдання виводяться при $P=0$ (блоки 1–7) з очікуванням відпрацювання (блок 8). Контроль – у діапазоні $I_{\text{пр}} = I_{yi} \pm \Delta I$ по кожній фазі. При невідповідності до протоколу вноситься повідомлення і блокується подальше виведення завдань від УВМ (блоки 9-15).

Алгоритм перемикання ступенів напруги (рис. 2.7). Керуючий вплив визначається за формулою (2.1):

$$f(x - x_{\text{зад}}) = \{y_1, \text{ при } X < X_{\text{зад}}; 0, \text{ при } X = X_{\text{зад}}; y_2, \text{ при } X > X_{\text{зад}}\} \quad (2.1)$$

де y_1 – команда на зменшення ступеня напруги; y_2 – команда на збільшення ступеня напруги.

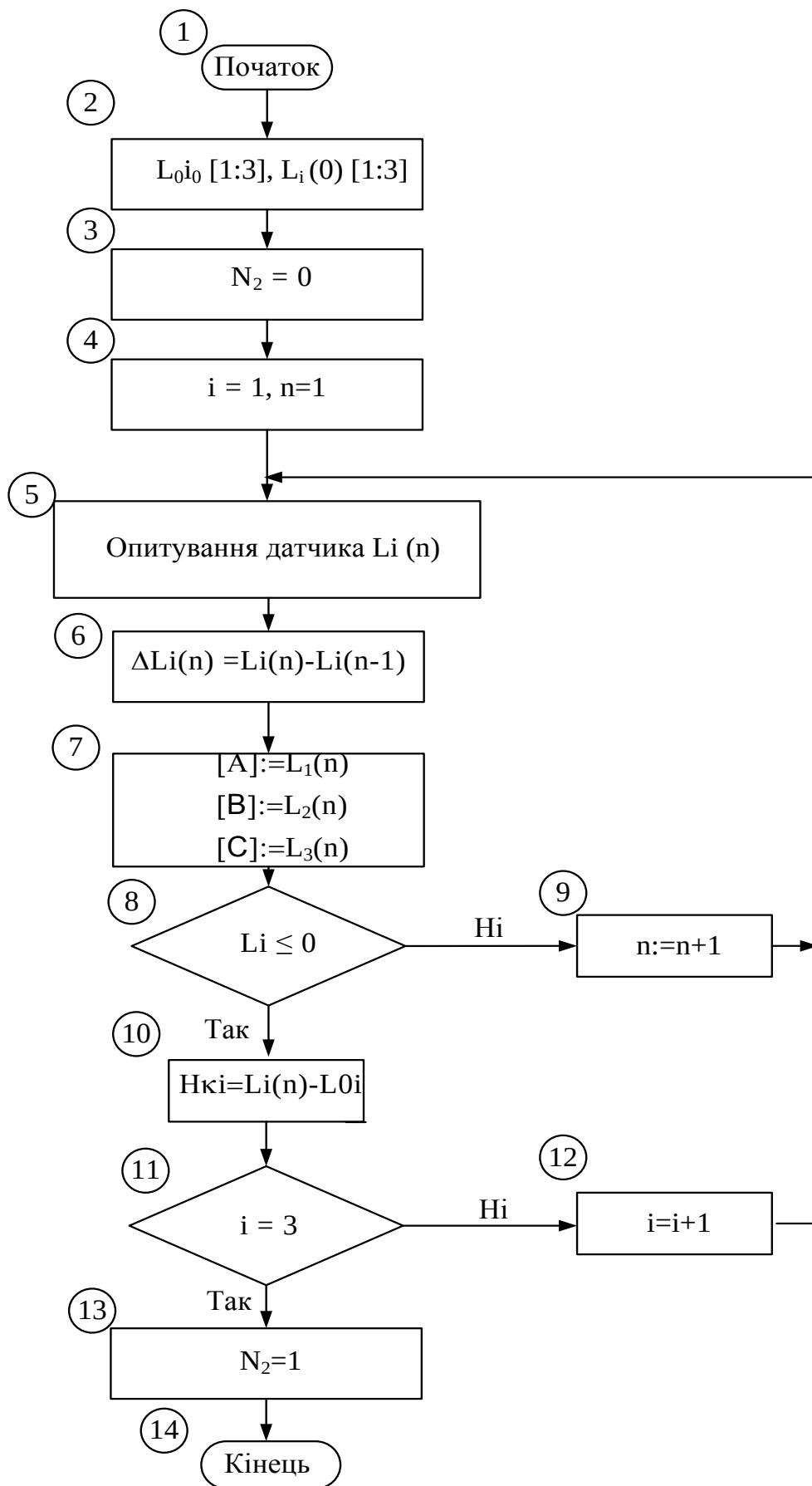


Рис. 2.5. Алгоритм стадії проплавлення колодязів
(розроблено автором)

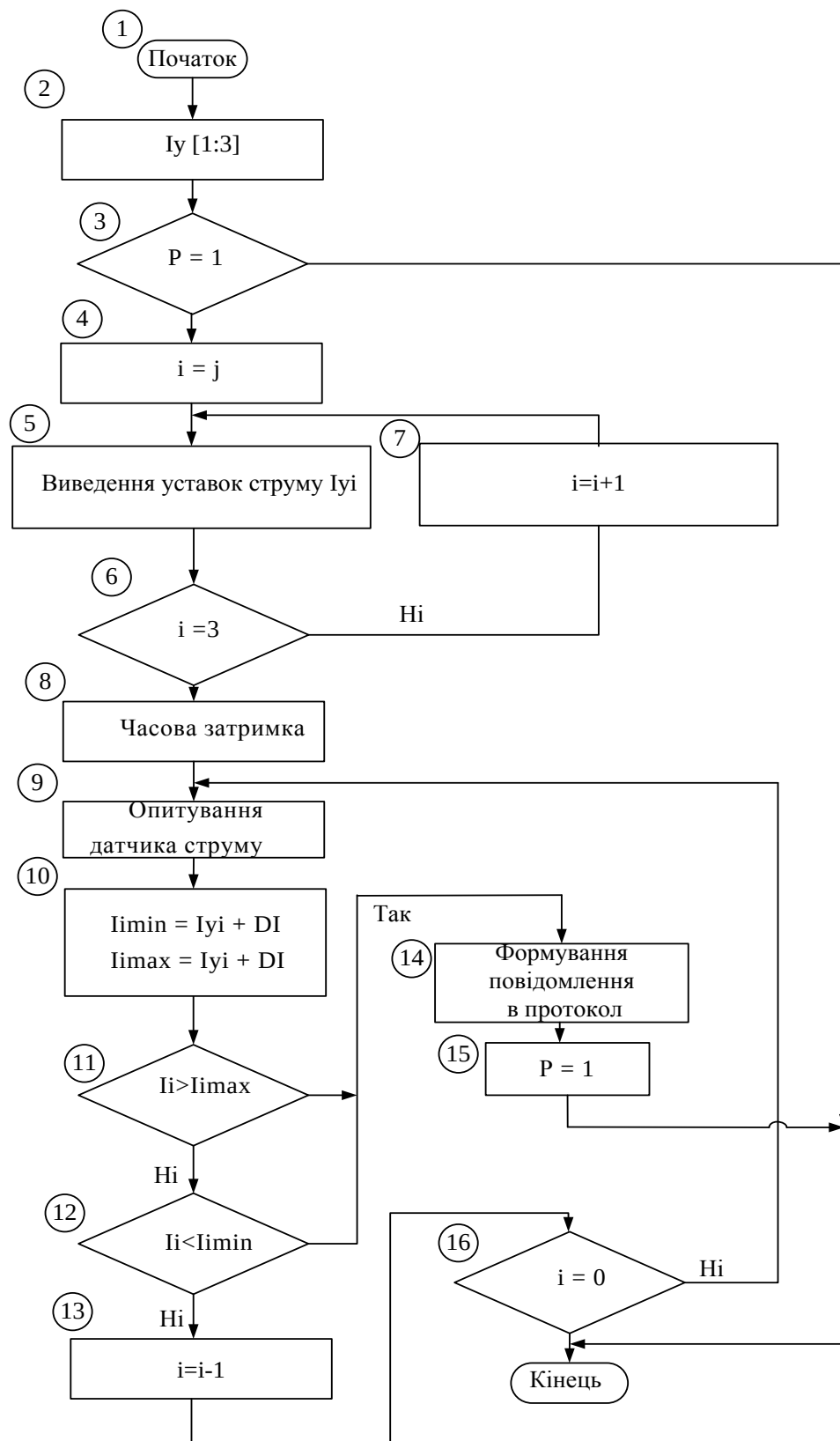


Рис. 2.6. Алгоритм реалізації завдань струму
(розроблено автором)

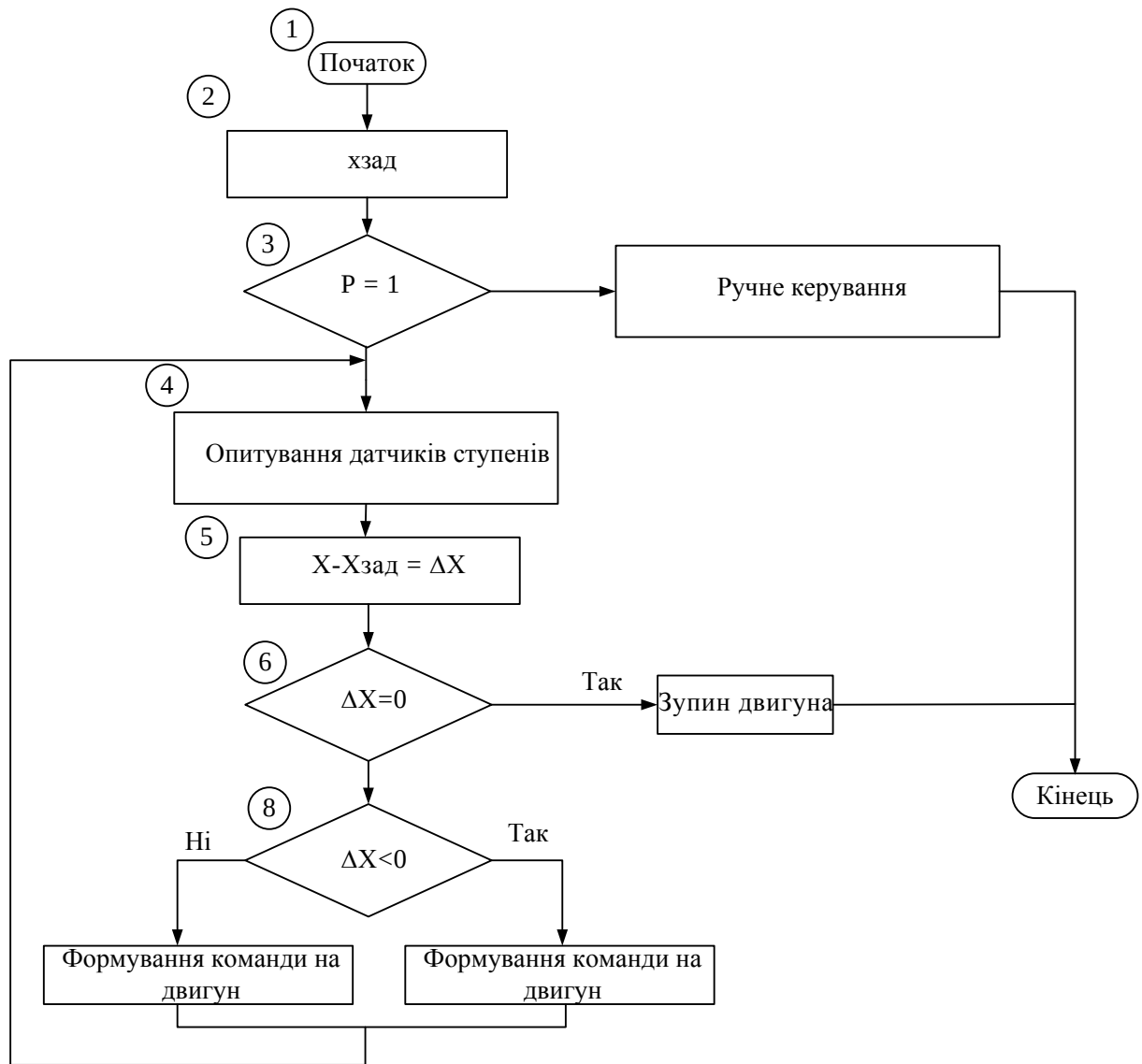


Рис. 2.7. Алгоритм керування перемиканням ступенів напруги
(розроблено автором)

Після введення завдання відповідно до марки сталі, що виплавляється, перемикач ступенів напруги (ПСН) встановлюється в положення $V=V_1$, регулятору задається $I=I_1$. Після перевірки відповідності режиму заданому піч вмикається ($C=C_1$). Характеристика вхідної інформації алгоритму наведена в табл. 2.2.

Характеристика вхідної інформації алгоритму керування ЕР [розроблено автором]

Вхідна інформація	Позн.	Вид подання	Момент введення	Джерело
Положення ПСН	В	Позиційний	Періодично	Контакти привода ПСН
Стан в/в вимикача	G	Позиційний	Те саме	Замикаючий контакт
Струми дуг	I	Струмовий 0–5 мА	Постійно	Датчики струмів
Витрата активної енергії	W	Імпульсний	Те саме	Лічильник енергії
Положення електродів	L_1, L_2, L_3	Двійк.-десятк. код	Безперервно	Система спостереж.
Температура металу	t	Струмовий	Періодично	Датчик температури
Стан нижніх кінцевих вимикачів	K	Позиційний	При досягненні нижн. положення	Замикаючий контакт

2.2 Вибір апаратури та засобів автоматизації

Реєструючий прилад Диск-250 призначений для вимірювання напруги і сили постійного струму, перетворення неелектричних величин в електричні сигнали та визначення активного опору [13].

Виконавчий механізм МЕО-250/63 – однооборотний електричний, призначений для регулювання технологічними процесами.

Блок керування БУ-21 призначений для ручного перемикання між автоматичним («А»), ручним («Р») і зовнішнім («В») режимами роботи релейного регулятора. Розрахований для вибухобезпечних приміщень без агресивних домішок у повітрі.

Термопары ТХК-1087 застосовуються для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ у вибухонебезпечних зонах. Рівень захисту – «вибухонепроникна оболонка» [13].

Потенціометр РВ-1600 застосовується для регулювання напруги шляхом плавної зміни опору.

Діафрагма ДК-400 призначена для регулювання витрати повітря в мережі повітроводів загального призначення.

Дифманометр ДПМ-787 забезпечує одночасне вимірювання надлишкового, вакуумметричного тиску та різниці тисків у двох точках технологічної лінії холодильних установок.

Трансформатор струму ТОЛ-10 встановлюється в комплектні розподільні пристрої. Передає вимірювальні сигнали до приладів і пристроїв захисту та керування, забезпечує ізоляцію вторинних кіл від мережі змінного струму до 10 кВ [13].

Трифазний трансформатор ТСЗІ з природним повітряним охолодженням призначений для живлення електроінструменту та місцевого освітлення від мережі трифазного змінного струму частотою 50–60 Гц напругою до 660 В у тривалому режимі.

Лічильник СОЕ-5 призначений для обліку активної електроенергії у двопровідних колах змінного струму. Випускається в однотарифному, двотарифному та багатотарифному виконаннях. Відліковий пристрій – ЖКІ; клас точності 2,0 (1,0); $U=220$ В; максимальний струм 40/60 А.

Шибер ВР80-75 регулює витрату повітря у вентиляційних системах і виконує функцію заглушки при пуску вентилятора.

Технічний манометр МПЗ-4 вимірює тиск неагресивних середовищ (рідин, газів, пари). Може комплектуватися демпфером для гасіння пульсацій тиску.

Труба Вентурі створює місцеве звуження потоку рідини, газу або пари для вимірювання витрати або швидкості потоку [13].

Нормуючий перетворювач – гальванічно розв'язаний двоканальний пристрій перетворення сигналів напруги в уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА. Забезпечує сполучення первинних перетворювачів з контролерами або іншою апаратурою [13].

Шомпольний термозонд – пристрій циклічної дії для вимірювання інтегральної інтенсивності падаючого теплового потоку за температурним перепадом у стінці водоохолоджуваного теплоприймача. Автоматизований привід забезпечує циклічну очистку зовнішньої поверхні теплоприймача від відкладень.

Термозонд складається з трьох основних вузлів (рис. 2.8): водоохолоджуваного циліндричного шомпола 1 з чутливим елементом, водоохолоджуваної фурми 2 і пневмоциліндра 3. Кільцевий різець 4 очищає поверхню шомпола при кожному зануренні. Чутливий елемент занурюється в піч лише на час вимірювання. Чутливим елементом слугує диференціальна батарея мініатюрних хромель-алюмелевих термопар 5 [13].

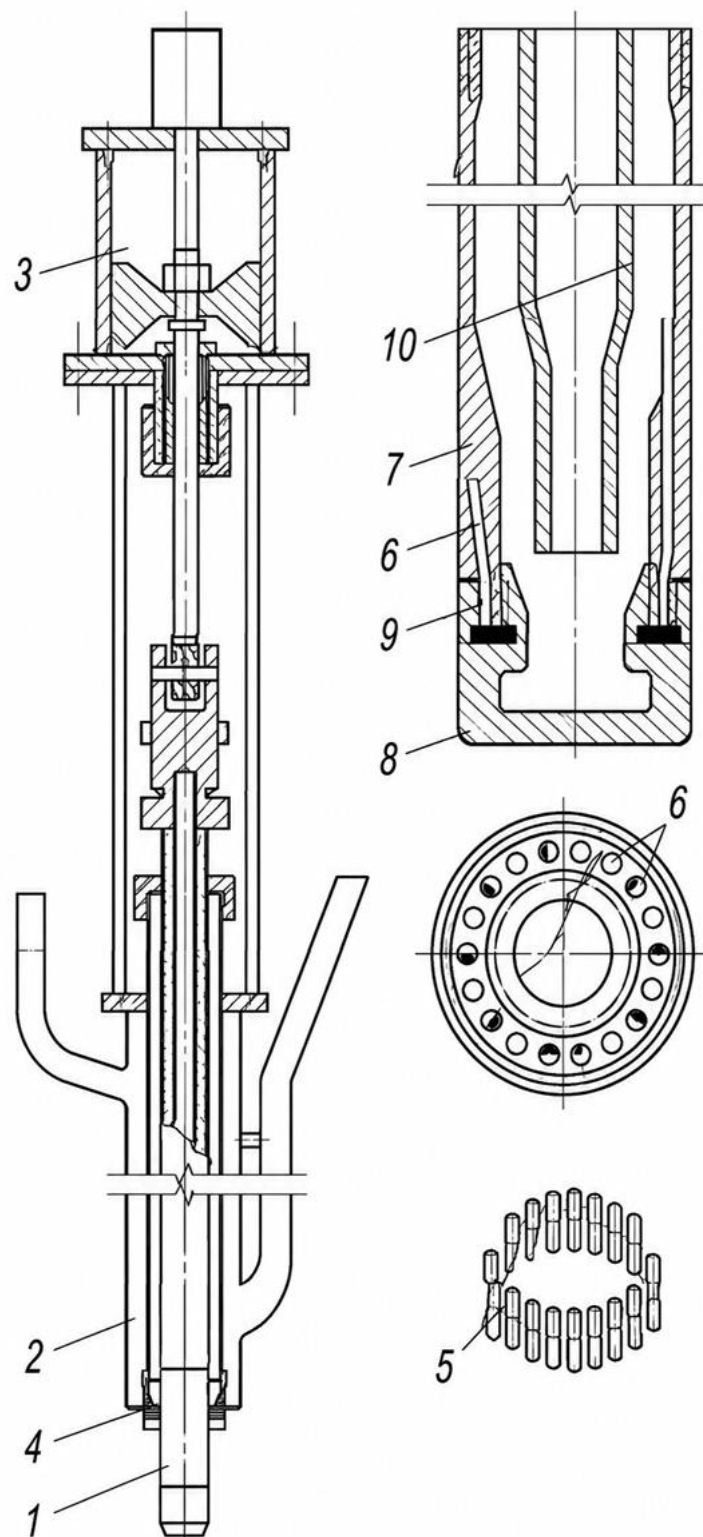


Рис. 2.8. Схема шомпольного термозонда [13]

Встановлення одного термозонда у верхній частині кладки стін навпроти найбільш навантаженої фази (рис. 2.9) є достатнім для ефективного контролю. Підтримання температури футеровки в раціональних межах суттєво підвищує стійкість печі [13].

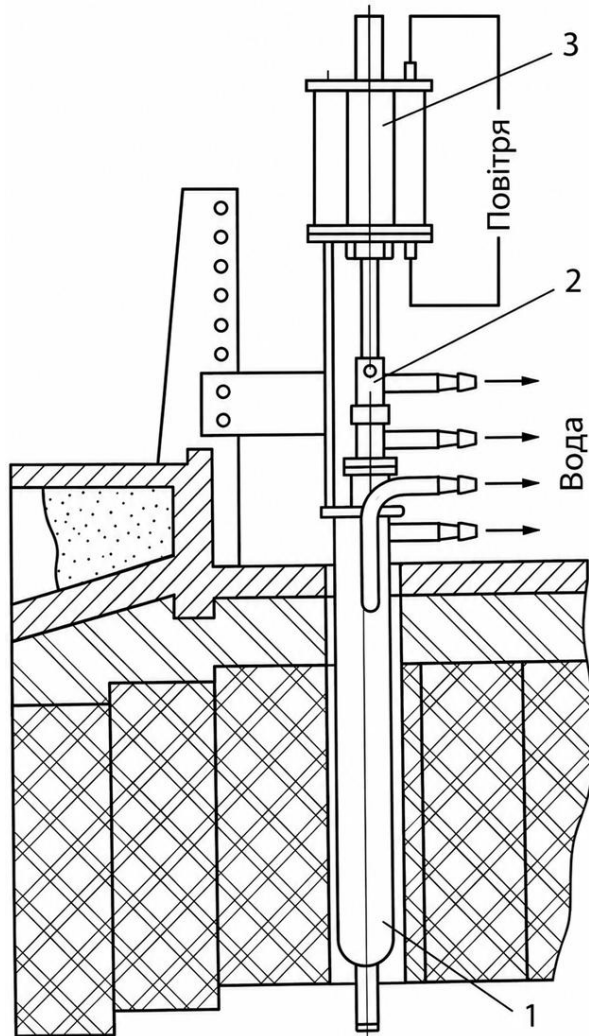


Рис. 2.9. Місце встановлення шомпольного термозонда [13]

1 – фурма; 2 – шомпол; 3 – пневмоциліндр

2.3 Компонування управляючого обчислювального комплексу (УОК)

АСУ ТП умовно поділяється на декілька структурних рівнів [14, 20].

Найнижчий рівень утворюють датчики та виконавчі механізми. Датчики контролю стану ДСП: кінцеві вимикачі граничних положень електродів; вимикачі контролю положення печі, зводу; вимикач пічного трансформатора; датчики температури футеровки. Інформаційні датчики: датчики струму і напруги на електродах. Виконавчі механізми: механізм переміщення і повороту зводу; механізм нахилу печі; механізм переміщення електродів; механізм перемикання ступенів трансформатора.

Контролери стану печі обслуговуються програмованими контролерами Siemens SIMATIC S7 (DE) [15]. Безпосереднє керування процесом плавки покладено на станцію обробки Siemens SIMATIC S7-1500 [15] (рис. 2.10).

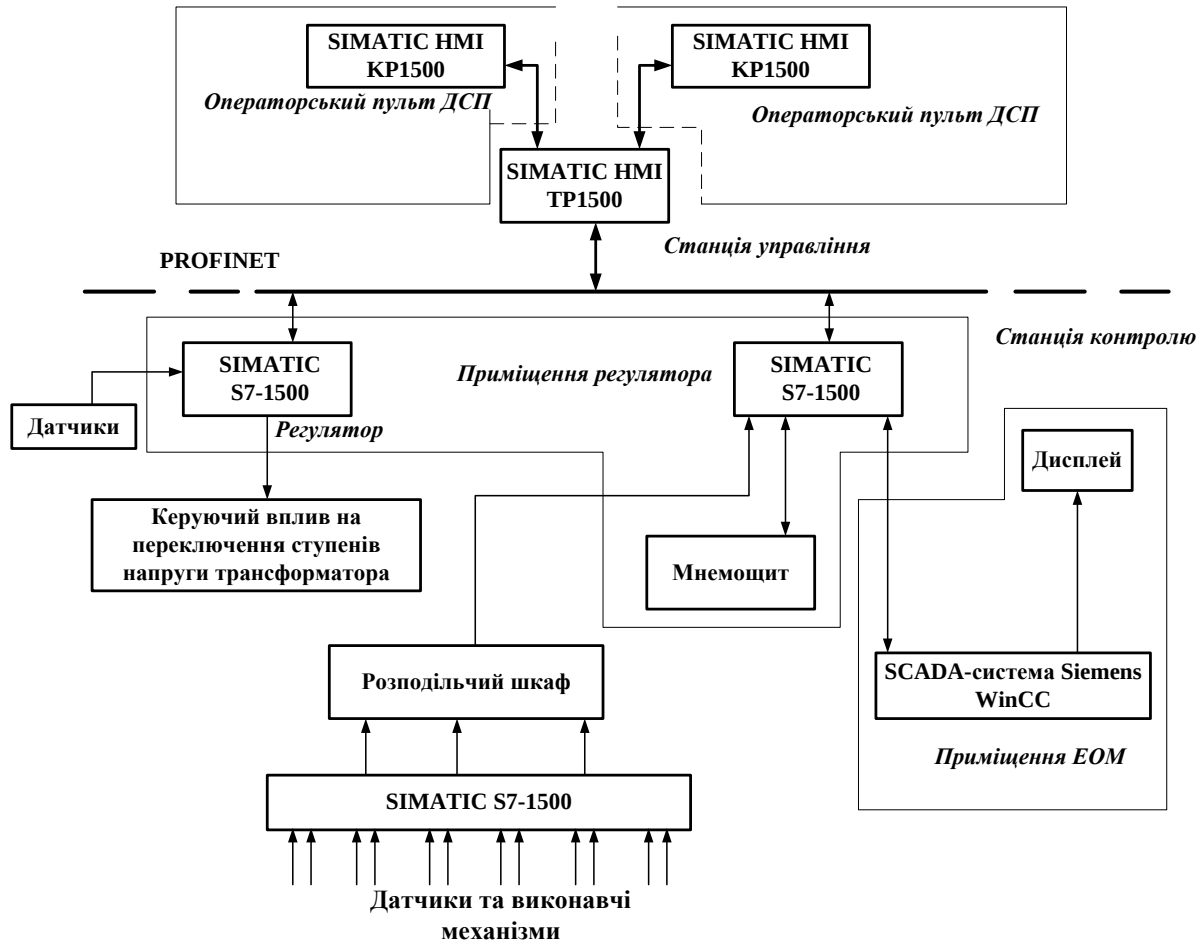


Рис. 2.10. Схема компонування управляючого обчислювального комплексу
(розроблено автором)

Усі підсистеми об'єднано локальною мережею, до якої підключено операторську станцію Siemens SIMATIC HMI TP1500 Comfort [16]. Вона реалізує діалог з оператором через дві панелі Siemens SIMATIC HMI KP1500. Паралельно зі станцією S7-1500 – регулятором – функціонує ідентична диспетчерська станція, яка зводить дані від усіх керуючих пристроїв і відстежує перебіг процесу.

До диспетчерської станції через інтерфейсний модуль підключена SCADA-система WinCC для налаштування параметрів плавки та розрахунку витраченої потужності. До цієї ж станції приєднано мнемощит відображення процесу.

2.3.1 Апаратне забезпечення

До складу системи Siemens SIMATIC (DE) входять [15, 17, 18]:

- станції обробки Siemens SIMATIC S7-1500;
- блоки введення/виведення серії ET200;
- інженерна станція Siemens TIA Portal V17 [18];
- мережа PROFINET;
- операторська станція Siemens SIMATIC HMI TP1500 Comfort;
- панелі Siemens SIMATIC HMI KP1500.

Siemens SIMATIC S7-1500 – високопродуктивний модульний контролер для децентралізованої системи управління [15]. Підключення центральних і децентралізованих модулів забезпечує до 4096 каналів введення/виведення. Мережа PROFINET забезпечує передачу даних зі швидкістю до 100 Мбіт/с на відстань до 100 м (мідна пара) або до 20 км (оптоволокну).

Інженерна станція TIA Portal V17: HDD – 1 ТБ; процесор Intel Core i7-11700 (8 ядер, 2,5 ГГц); DRAM – 16 ГБ. Виконує управління даними для кількох проектів, конфігурацію та програмування S7-1500, підготовку, перевірку, компіляцію та документування програм.

Операторська станція Siemens SIMATIC HMI TP1500 Comfort реалізує відображення технологічного процесу, виведення аварійних повідомлень і діагностику стану системи [16].

2.3.2 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення для S7-1500 розробляється у середовищі TIA Portal V17 – єдиному інтегрованому пакеті програмування, конфігурування та діагностики для всіх пристроїв Siemens SIMATIC [18].

TIA Portal V17 базується на принципі єдиної бази даних: всі зовнішні та внутрішні дані вносяться до загального сховища і стають доступними будь-якій програмі на ЕОМ. База структурована у вигляді функціональних блоків для швидкого доступу та модифікації. Програміст може розробляти програми без глибоких знань апаратної архітектури контролера.

Прикладна програма розробляється в діалоговому режимі через вбудований графічний редактор – як на інженерній станції TIA Portal V17, так і на будь-якому ПК під управлінням Windows. Компілятор перетворює графічне представлення у двійковий формат для завантаження в контролер. Зв'язок між TIA Portal V17 та S7-1500 здійснюється через вбудований інтерфейс зі швидкістю 100 Мбіт/с. Середовище також підтримує розробку операторських інтерфейсів для станцій Siemens SIMATIC HMI [18].

TIA Portal V17 є потужним інструментом проектування, налаштування та обслуговування систем автоматизації Siemens SIMATIC. Завдяки інтегрованому підходу і графічному інтерфейсу забезпечується ефективно та надійне автоматизоване керування технологічними процесами.

2.4 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності

2.4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

У цеху ливарно-ковальського виробництва персонал перебуває під дією низки шкідливих і небезпечних виробничих чинників [21].

Тепловий вплив. Основні джерела інфрачервоного випромінювання: дугові печі, ковші та виливниці з розжареним металом, нагріті поверхні обладнання. Вплив порушує водно-сольовий обмін, призводить до зневоднення

тканин та теплових травм. Контакт з нагрітими предметами, іскри й бризки розплаву спричиняють опіки [21].

Запиленість повітря. Пил містить оксиди заліза, хрому, марганцю, магнію, двоокис кремнію та домішки алюмінію, титану, вольфраму, ванадію, молибдену. Вплив токсичних речовин може стати причиною хронічних і професійних захворювань [21].

Шум. Джерела шуму: дугові печі, електромостові крани, завантажувально-розвантажувальні операції, система газоочищення. Рівень шуму залежить від стадії плавки, дисперсності шихти та інтенсивності операцій [21].

Вібрація. Загальна вібрація виникає при роботі дугових печей, кранів та мультдозавалочних машин. Максимальні значення – на майданчику біля сталевипускного жолоба та пульті майстра при випуску плавки [21].

Електротравматизм. Електричні машини – невід'ємна частина обладнання цеху. Струм, що проходить через організм, діє термічним, електролітичним і біологічним чином. Граничний небезпечний рівень – 0,05 А; смертельний – 0,1 А [21].

Фактичні рівні небезпечних і шкідливих чинників наведено в табл. 2.3.

Шкідливі чинники цеху ливарно-ковальського виробництва [21]

Шкідливий чинник	Од.	ГДК/ГДР	Факт. вел.	Трив., %
Пил фіброгенної дії (вогнетривкі порошки)	мг/м ³	6,0	14,8	93,75
Шум	дБ	80	84	93,75
Температура повітря	°С	17/23	16/42	93,75
Швидкість руху повітря	м/с	0,3–0,5	0,2	93,75
Відносна вологість повітря	%	40–60	60	93,75
Інфрачервоне випромінювання	Вт/м ²	140	700	93,75

Наведені дані свідчать, що фактичні рівні всіх контрольованих чинників перевищують нормативні показники, що потребує реалізації дієвих заходів щодо їх усунення або мінімізації.

2.4.2 Заходи щодо зниження впливу шкідливих і небезпечних чинників в умовах ливарно-ковальського цеху

Для зниження впливу виявлених чинників розроблено комплекс організаційно-технічних заходів [21].

Зниження теплового впливу: встановлення ефективних витяжних ковпаків над робочими вікнами та електродними отворами; герметизація печі для зменшення підсмоктування холодного повітря; облаштування

теплоізольованих майданчиків над склепінням; застосування ЗІЗ – спецодяг, рукавиці, взуття.

Зниження запиленості: герметизація обладнання по всьому технологічному ланцюгу; застосування систем сухого пилоуловлювання (циклони, мультициклони, фільтри); ізоляція запилених зон перегородками або кожухами.

Зниження шуму та вібрації: заміна найбільш шумних операцій на менш шумні аналоги; встановлення звукоізолювальних кожухів, глушників і амортизуючих підкладок; застосування ЗІЗ (навушники, протишумні каски); організація раціональних режимів праці та відпочинку.

Забезпечення електробезпеки: надійний захист струмовідних частин від випадкового дотику (огороження, ізоляція, блокувальні пристрої) [22]; захисне заземлення, занулення і захисне вимикання [22]; організація безпечної експлуатації електрообладнання відповідно до [22].

Нормалізація мікроклімату та освітленості: модернізація систем вентиляції та кондиціонування; приведення природного і штучного освітлення до вимог [23].

Реалізація наведених заходів знизить рівні шкідливих і небезпечних чинників до нормативних значень та забезпечить безпечну роботу персоналу.

2.4.3 Пожежна профілактика

Основні причини пожеж у цеху ливарно-ковальського виробництва [24, 25]:

- Порушення технологічного режиму: перегрівання або перевантаження печей, міксерів, ковшів і виливниць із розплавленими матеріалами може призвести до аварійного виходу та виникнення осередків займання.

- Несправність електрообладнання та електромереж: короткі замикання, перевантаження, іскріння, пошкодження ізоляції; порушення правил обслуговування.

- Застосування відкритого вогню: проведення вогневих робіт поблизу горючих матеріалів; самозаймання речовин при контакті з розплавом.
- Неправильне поводження з пожежонебезпечними речовинами: накопичення металевого пилю та відходів, здатних до самозаймання; неналежне зберігання легкозаймистих рідин і горючих газів.
- Порушення правил пожежної безпеки: паління у заборонених місцях; захаращення евакуаційних шляхів; несправність або вимкнення систем пожежного захисту.

Перелік первинних засобів пожежогасіння наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Перелік первинних засобів пожежогасіння [25]

№	Засіб пожежогасіння	Кільк.
1	Вуглекислотний вогнегасник ВВ-5	1
2	Пінний вогнегасник ВХП-10	2
3	Ящик з піском	1
4	Ломи	2
5	Багри	3
6	Сокири	2
7	Лопати	2
8	Покривало з негорючого матеріалу	1

Наведений комплект первинних засобів відповідає вимогам [25] та забезпечує ефективне гасіння пожежі на початковій стадії в цеху ливарно-ковальського виробництва.

ВИСНОВКИ

Об'єктом автоматизації визначено технологічний процес виплавки сталі в ДСП ДС-6Н1 цеху ливарно-ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Проведено аналіз патентної бази щодо відомих технічних рішень у галузі автоматизації дугових сталеплавильних печей [8].

Досліджено особливості функціонування печі як об'єкта керування, проаналізовано аналогічні системи та обрано систему-прототип, сформульовано вимоги до АСР електричного режиму, описано принцип дії спроектованої системи, розроблено функціональну схему автоматизації, обрано технологічні датчики та сформовано структуру УОК. Для автоматизації ДСП застосовано обладнання компанії Siemens (DE).

Проаналізовано умови праці, виробничої санітарії та гігієни праці на ділянці сталеплавильної печі, розглянуто питання охорони праці та пожежної профілактики, запропоновано технічні заходи, що усувають або зменшують вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Спосіб ліквідації обриву дуги в дуговій електропечі: пат. №729860 А1 / О.В. Смирнов, К.Д. Гуттерман, О.В. Мухін, В.Л. Рабинович.
2. Спосіб управління електричним режимом дугової сталеплавильної печі: пат. №2128407 / Н.В. Євсєєва та ін. – Опубл. 27.03.1999.
3. Спосіб управління електричним режимом дугової печі: пат. / Е.Е. Меркер та ін. – Опубл. 10.04.2010.
4. Альтгаузен А.П. Электрообладнання та автоматика електротермічних установок: довідник. – М.: Енергія, 1978. – 304 с.
5. Пристрій для регулювання потужності трифазної дугової електропечі: пат. №2239295. – Опубл. 27.10.2004.
6. Дембовський В.В. Автоматизація ливарних процесів: довідник. – Л.: Машинобудування, 1989. – 264 с.
7. Михайлов А.М. Ливарне виробництво: підручник. – 2-е вид. – М.: Машинобудування, 1987. – 256 с.
8. Принципи побудови систем управління дуговими сталеплавильними печами: наук. стаття / УІПА, 2022. – URL: <http://uipa.edu.ua/ua/science/naukovi-publikatsii> (дата звернення: 11.05.2026).
9. Бесекерський В.А. Теорія систем автоматичного регулювання / В.А. Бесекерський, Є.П. Попов. – 3-тє вид. – М.: Наука, 1975.
10. Глінков Г.М. Проектування систем контролю та автоматичного регулювання металургійних процесів. – М.: Металургія, 1986. – 352 с.
11. Сучасні рішення в галузі автоматизації металургійного виробництва: монографія / НМетАУ, 2020. – URL: <https://nmau.edu.ua/nauka/naukovi-vydannya> (дата звернення: 11.05.2026).
12. Бороденко В.А. Практичний курс теорії лінійних систем автоматичного регулювання. – Павлодар: Кереку, 2007. – 260 с.
13. Бігєєв А.М. Металургія сталі / А.М. Бігєєв, В.А. Бігєєв. – Магнітогорськ: МДТУ, 2000. – 544 с.

14. Системи автоматизованого керування технологічними процесами: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – URL: <https://kpi.ua/uk/node/19101> (дата звернення: 11.05.2026).
15. Siemens SIMATIC S7-1500: технічна документація. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html> (дата звернення: 12.04.2026).
16. Siemens SIMATIC HMI TP1500 Comfort: технічна документація. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation.html> (дата звернення: 12.04.2024).
17. Siemens: каталог промислової автоматизації, 2023. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation.html> (дата звернення: 12.04.2026).
18. Siemens TIA Portal V17: технічна документація, 2023. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html> (дата звернення: 12.04.2024).
19. Schneider Electric: каталог автоматизації виробництва, 2023. – URL: <https://www.se.com/ua/uk/work/products/product-launch/industrial-automation.jsp> (дата звернення: 12.04.2026).
20. Рубцов М.М. Історія ливарного виробництва в СРСР. – 2-е вид. – М.: Машинобудування, 1962. – 236 с.
21. Санітарні норми проектування промислових підприємств (СН 245-71). – К.: Мінрегіон України, 2021. – 45 с.
22. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – К.: Мінпраці України, 2017. – 760 с.
23. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
24. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – К.: Мінрегіон України, 2008. – 42 с.
25. Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств. – К.: МВС України, 2004. – 56 с.

26. Литовченко О.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Проектування систем автоматизації». – Кривий Ріг, 2023. – 26 с.
27. Батарєєв В. Методичні вказівки до виконання випускних робіт бакалаврів за спеціальністю 151 «Автоматизація та КІТ». – Кривий Ріг, 2021. – 14 с.
28. Гушко С. Вимоги з оформлення письмових робіт у ДУЕТ. – Кривий Ріг, 2020. – 53 с.



Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

151-5д-2026врб

Автор

151-5д-2026врб

Науковий керівник / Експерт

Модло Є

ІД документа

334133474

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту

6/2/2026

Дата редагування

—

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1

5694

Кількість слів



КЦ

40207

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		3
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		13

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копію тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	кількість ідентичних слів (фрагментів)
1	Бобирь Антон Дмитривич 12/08/2025	18 (0.32 %)

ЗГОДА здобувача вищої освіти
Державного університету економіки і технологій про перевірку
кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Корхов Олександр Олександрович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота Автоматизація металургійного виробництва. Автоматизована система керування процесом плавки сталі в цеху ливарно-ковальського виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений.

1.06.2026