

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістрський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергоефективності камерної нагрівальної печі в умовах ПАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1411

спеціальності 141 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Сосков А. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістрський) рівень _____
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц. В.Л. Коваленко

«01» грудня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Сосков Андрій Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення енергоефективності камерної нагрівальної печі в умовах ПАТ «Дніпрспецсталь»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від «02» червня 2022 року № 597 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2022 р.

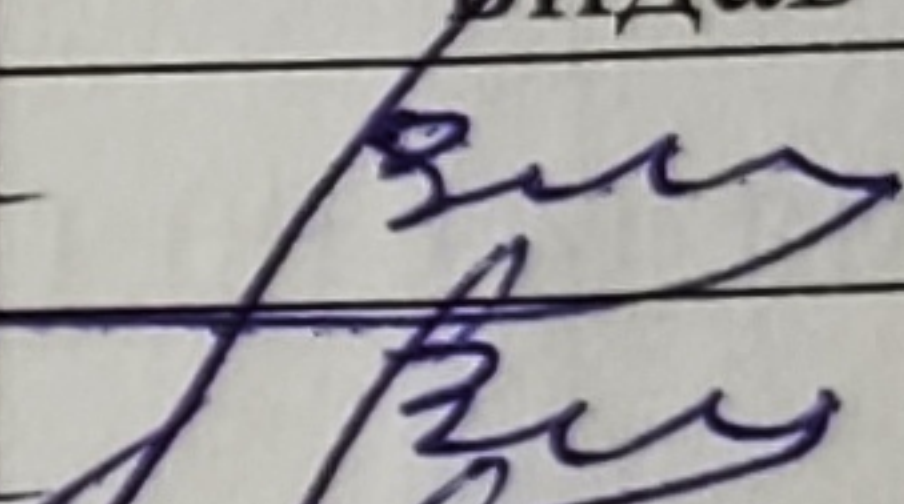
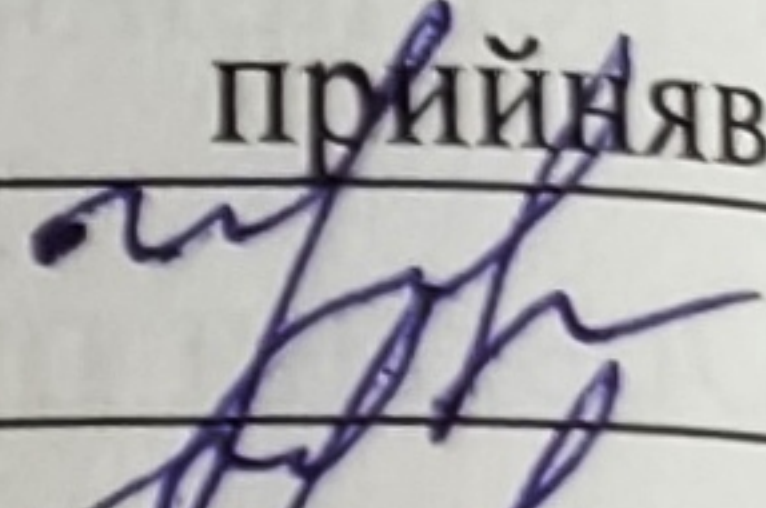
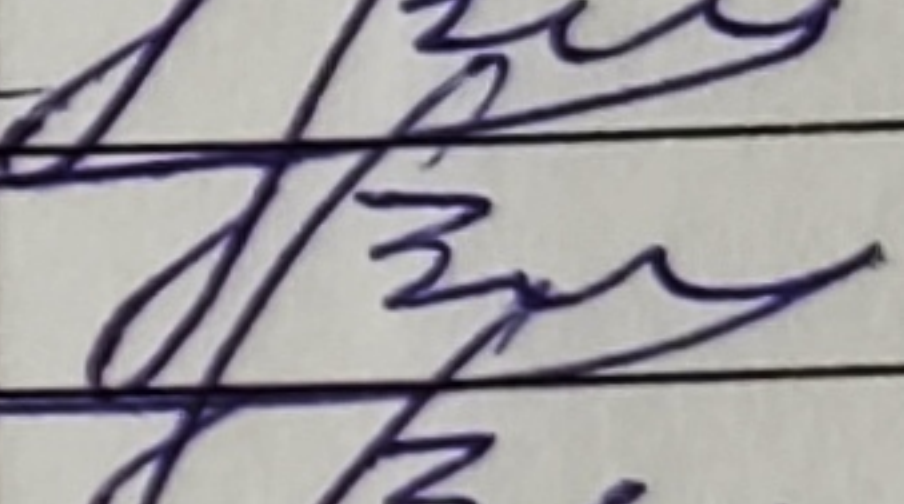
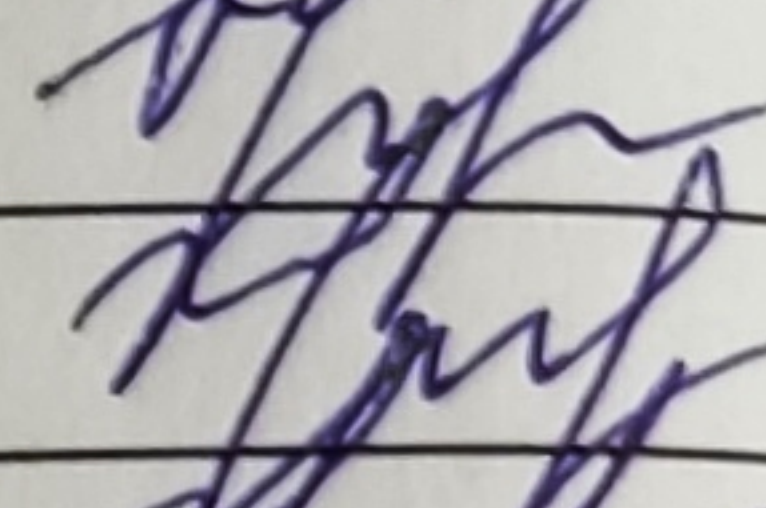
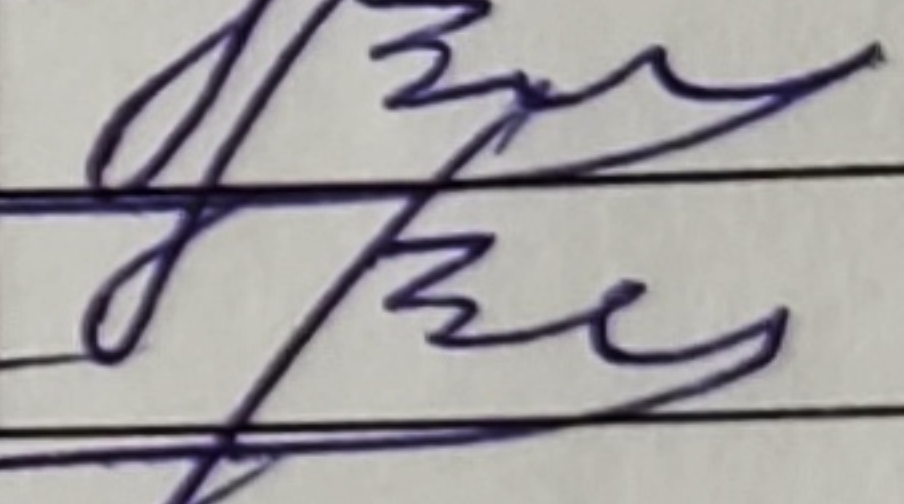
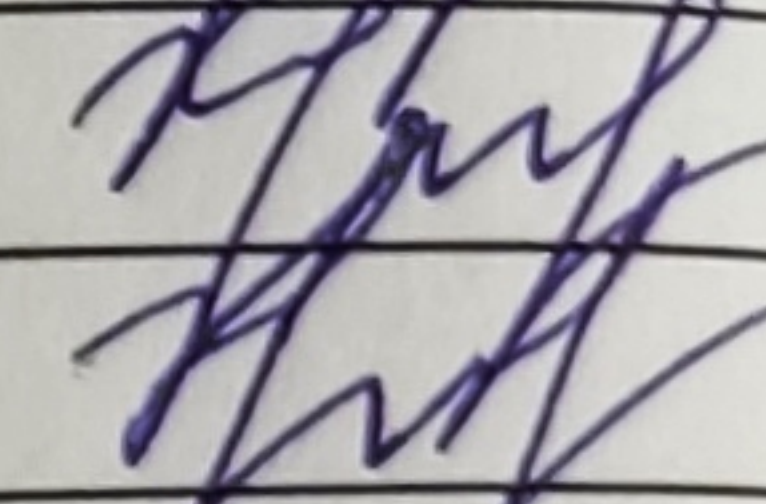
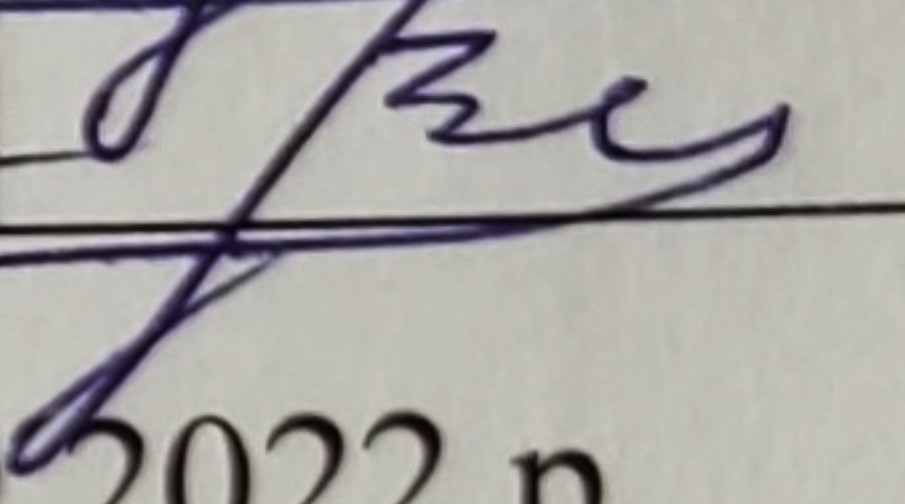
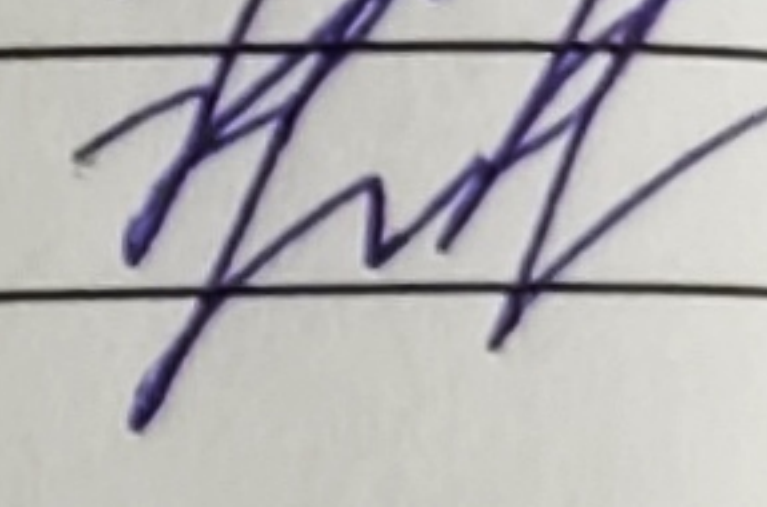
3 Вихідні дані до роботи: технічні характеристики та режимні карти роботи камерної нагрівальної печі з вкатним подом в умовах ПАТ "Запоріжсталь"; річне споживання електричної енергії прокатним виробництвом – 130911 тис. кВт·год

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Характеристика виробничого процесу прокатного цеху ПАТ «Дніпрспецсталь» 2) Аналіз методів підвищення енергоефективності камерної печі 3) Техніко-економічне обґрунтування проекту 4) Охорона праці та техногенна безпека.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз енергоспоживання ПАТ "Дніпрспецсталь" 2) Камерна піч з вкатним подом 3) Структурна блок-схема керування оптимізованими за економічним критерієм енергетичними

- параметрами печі 4) Планування експерименту 5) Алгоритм визначення оптимальних енергетичних параметрів печі разом з системою керування
- 6) Програмний комплекс та передбачувані техніко-економічні показники
- 7) Схема звукоізолюваної kabіни технолога

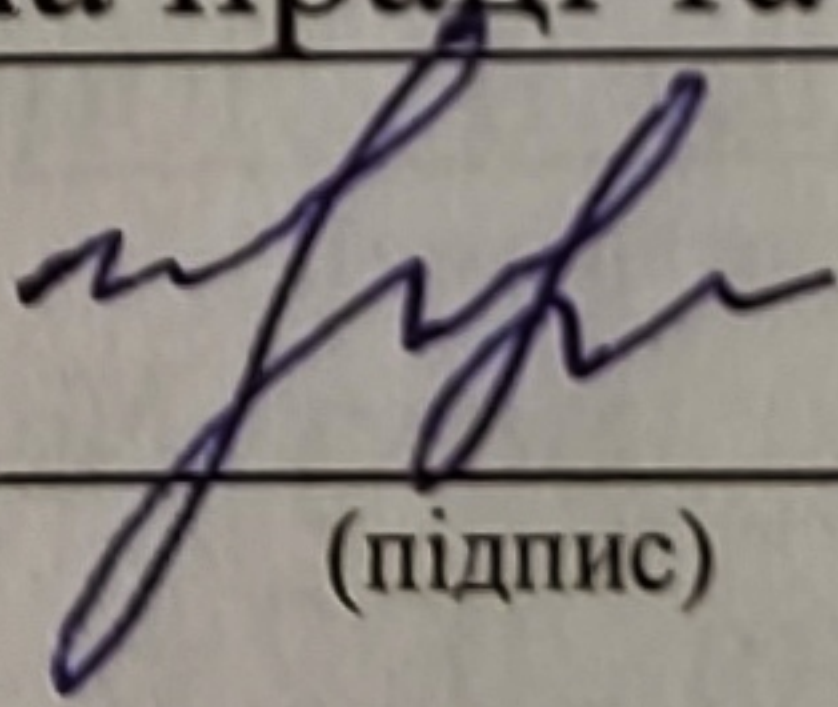
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 4	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

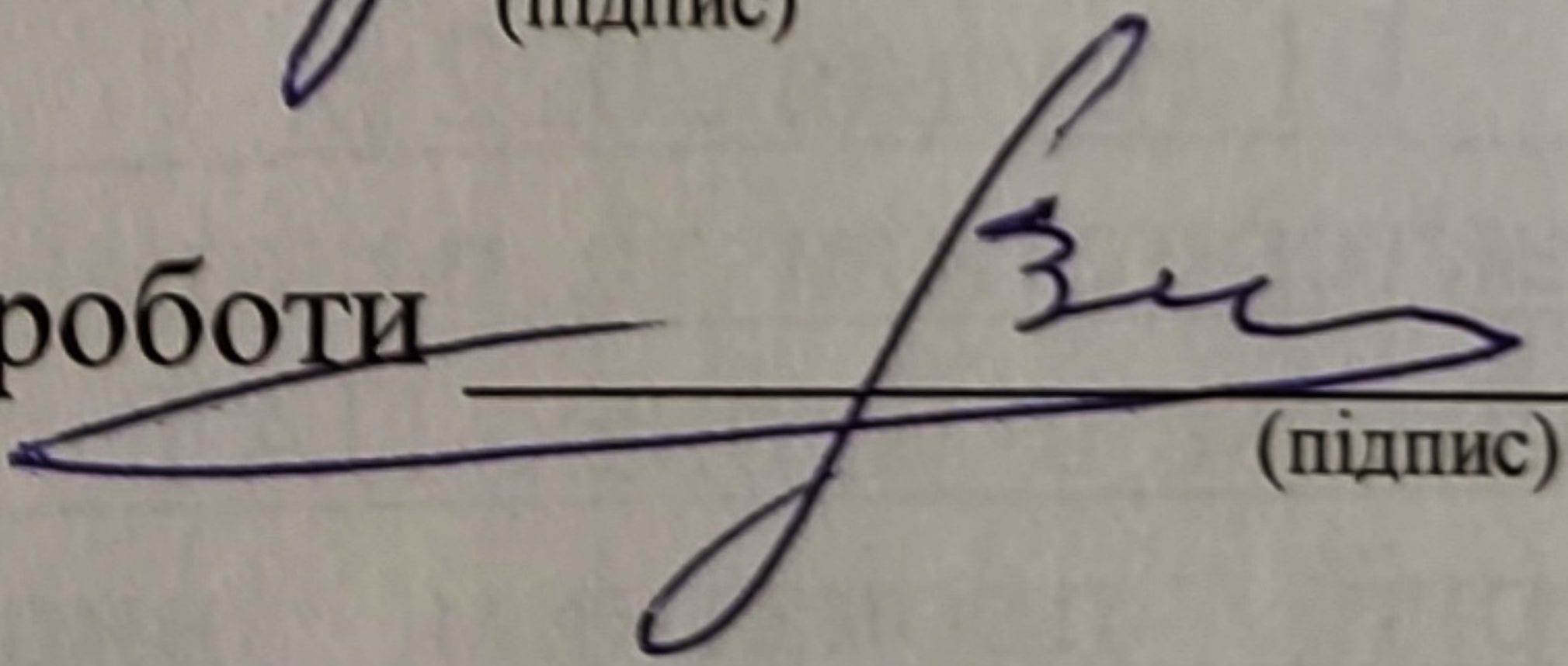
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика виробничого процесу прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь»	30.09.2022	
2	Аналіз методів підвищення енергоефективності камерної печі	30.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування проекту	19.11.2022	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2022	

Студент 

(підпис)

А.В. Сосков

(ініціали та прізвище)

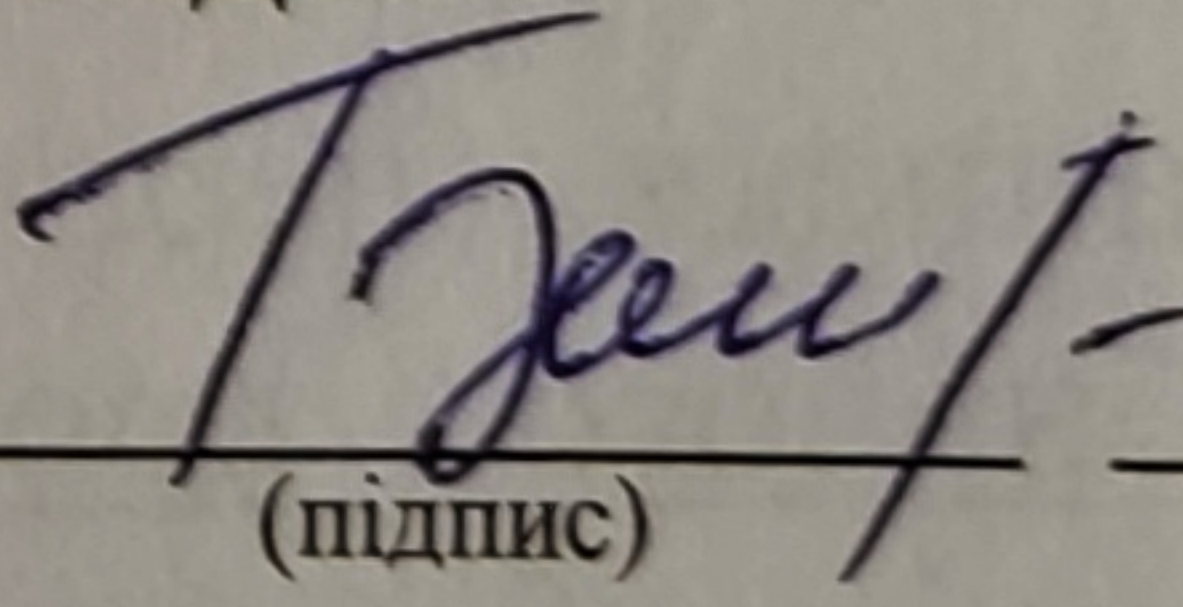
Керівник роботи 

(підпис)

В.Л. Коваленко

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 

(підпис)

С.В. Башлій

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Сосков А. В. Підвищення енергоефективності камерної нагрівальної печі в умовах ПАТ «Дніпрспецсталь».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2022.

В роботі досліджено енергоспоживання ПАТ «Дніпрспецсталь» та прокатного цеху зокрема, досліджені камерні печі з викатним подом, проаналізовані всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі, досліджено вплив електричного поля на процес формування теплових потоків в умовах підприємства.

Розроблено методикку визначення оптимальних енергетичних параметрів пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування. Розроблено програмний комплекс керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності електричного поля, за допомогою якого можна визначати оптимальні значення енергетичних і більш точно прогнозувати потенційну кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, НАГРІВАЛЬНА ПІЧ, ТЕПЛОВИЙ ПОТІК, ПРОСТОРОВЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ, ПРОЦЕС ГОРІННЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ

ABSTRACT

Soskov A. V. Increasing the energy efficiency of a chamber heating furnace in the conditions of PJSC «Dnipropetsstal».

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2022.

In the paper, the energy consumption of PJSC "Dniprospetsstal" and the rolling shop, in particular, was investigated, chamber furnaces with a rolling floor were analyzed, all possible ways of increasing the energy efficiency of the chamber heating furnace were analyzed, the influence of the electric field on the process of formation of heat flows in the conditions of the enterprise was investigated.

The method of determining the optimal energy parameters of the furnace heating installation was developed and the corresponding control system was created. A software complex has been developed for controlling energy parameters in the furnace chamber in the presence of an electric field, which can be used to determine the optimal energy values and more accurately predict the potential amount of natural gas that can be saved in the conditions of any industrial enterprise.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, HEATING FURNACE, HEAT FLOW, SPATIAL ELECTRIC FIELD, HEAT EXCHANGE INTENSIFICATION, COMBUSTION PROCESS, HEAT ENERGY

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Характеристика виробничого процесу прокатного цеху	
ПАТ «Дніпроспецсталь»	10
1.1 Основні відомості ПАТ « Дніпроспецсталь».....	10
1.2 Характеристика прокатного цеху.....	20
2 Аналіз методів підвищення енергоефективності камерної печі	40
2.1 Загальні відомості про камерні печі	40
2.2 Характеристика термічної печі у прокатному цеху	
ПАТ «Дніпроспецсталь».....	48
2.3 Використання кількісної оцінки енергоефективності камерних печей з викатним подом	52
2.4 Застосування імпульсної системи опалення	53
2.5 Керування тепловими потоками просторовим електричним полем.....	55
3 Техніко-економічне обґрунтування проекту	74
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	86
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	86
4.2 Заходи з поліпшення умов праці	88
4.3 Виробнича санітарія	93
4.4 Захисні заходи з електробезпеки.....	94
4.5 Пожежна безпека.....	96
4.6 Засоби індивідуального захисту.....	98
Висновки	101
Перелік посилань	104

ВСТУП

Сьогодні проблема енергозбереження має глобальний характер – раціональне використання природних ресурсів набувають виняткового значення. У промислових масштабах енергозбереження є одним з головних факторів економії коштів і запорукою успішної виробничої діяльності підприємства.

У зв'язку із зростанням ринкової вартості палива для промислових підприємств України важливим питанням стає скорочення споживання природного газу. Це особливо актуально для найбільш енергоємної відросли країни - металургійного виробництва.

Щорічно для здійснення своєї виробничо-господарської діяльності підприємствами та організаціями країни споживається близько 42 млрд. куб. м природного газу. Кількість суб'єктів господарювання, які використовують природний газ постійно зростає.

Однак, зменшення використання природного газу не повинно погіршувати якість виробничих процесів металургії, одним з яких є нагрів металу в термічних печах. Виникає питання удосконалення методів і пристроїв термічної обробки металу, що забезпечують мінімізацію витрат природного газу.

В наш час у промисловості України широко використовуються нагрівальні печі, які працюють на природному газі. Сучасні нагрівальні печі являють собою різноманітні за конструкцією, складні теплові агрегати, які містять до того ж багато допоміжного обладнання. Самі печі включають в себе робочий простір і пристрої для генерації теплоти (пальники). До складу допоміжного обладнання входять пристрої для утилізації теплоти та очищення димових газів, вентилятори, димососи, димові труби, контрольно-вимірювальні прилади та системи управління піччю. Зазначений клас технологічних агрегатів є найпоширенішим, оскільки їх застосовують в чорної і кольорової металургії,

машинобудуванні й т.д. Але як показано такі печі мають ряд певних проблем, обумовлених в основному недоліками конструкцій, що призводить до великих втрат теплової енергії і як наслідок - до зниження енергетичної ефективності установки.

Камерні печі, узагальнена назва групи промислових печей, в яких виробу залишаються нерухомими відносно печі протягом усього періоду нагрівання. Вони застосовують для нагрівання металевих заготовок перед прокаткою і куванням, для термічної обробки металевих і скляних виробів, випалювання керамічних і емальованих виробів.

Камерні печі класифікують: за джерелом теплової енергії вони поділяються на печі, що працюють на рідкому чи газоподібному паливі, та електричні печі; за способом і ступенем механізації (в основному немеханізовані); за ознакою використання різних середовищ при нагріванні виробів; за конструкцією: вертикальні, ковпакові, з висувним подом, і т.д.

Актуальність даної теми полягає в тому, що камерні печі можуть працювати на декількох видах палива. При необхідності рідке паливо можна замінити газоподібним і навпаки. У цьому полягає комунікабельність і економічна вигода. Камерні печі можна монтувати в єдиний каркас (печі для підігріву й нагрівання деталей).

Окрім того, велика кількість типорозмірів дозволяє вибрати для виробництва найбільш відповідний тип печі і забезпечити краще їх використання.

У наші дні найбільш перспективні і актуальні електричні камерні печі, так як вони мають ряд переваг перед паливними. Наприклад, відсутність димових газів не вимагається димососною системою; добра теплоізоляція; полегшене регулювання температури і сигналізації; кращі можливості застосування контрольованої атмосфери; хороші санітарні умови в цеху. Важливо підкреслити, що даний вид камерних печей є екологічно чистим. Окрім того, ці печі компактні, мають велику продуктивність, невелика витрата електроенергії та більший термін служби металевих нагрівачів.

Для цих печей характерне тривале нагрівання деталей і великі витрати при експлуатації, тому на заводах використовують печі, які працюють на газоподібному паливі.

З причини нестримно зростаючої вартості енергетичних ресурсів, у країні гостро стоїть питання зниження витрат первинного енергоносія на одиницю продукції, що випускають. Як відомо, одна тонна умовного палива, що заощаджена у споживача є еквівалентною 2,5 т первинних паливних ресурсів [1]. У зв'язку з цим на перший план під час конструювання нагрівальних печей виставляється вимога енерго- та ресурсозбереження [2].

Як відомо, питання впливу електричних полів (особливо слабких, з напругою до 1000В) на формування теплових потоків не достатньо вивчене і залишається відкритим. Інтенсифікації процесу теплообміну в певній області промислового нагрівального пристрою, зазвичай, не приділяється значної уваги або частково задовольняються зміною його конструкції і аеродинамічних характеристик, що є недостатнім [3]. Впровадження перелічених заходів в комплексі з використанням запропонованого методу підвищення енергоефективності на основі енергії електричного поля може дати значну економію витрат підприємства на органічне паливо і знизити його долю в структурі собівартості продукції. Зважаючи на те, що в більшості промислових печей в якості енергоносія використовується природний газ, вартість якого зростає, подальші дослідження в даному напрямку є актуальними.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ПРОКАТНОГО ЦЕХУ ПАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

1.1 Основні відомості про ПАТ «Дніпроспецсталь»

ПАТ «Дніпроспецсталь» - ключовий виробник сортової нержавіючої сталі на ринках СНД, а в Україні - безперечний лідер в даному сегменті.

Підприємство було засноване в 1932 році в місті Запоріжжя як частина могутнього державного металургійного комплексу. Сьогодні це сучасна клієнто- орієтована соціально-відповідальна компанія з більш ніж 80-річним досвідом виробництва високоякісної металопродукції.

Місія ПАТ «Дніпроспецсталь» виробляти і продавати високоякісну продукцію з спеціальних сталей і сплавів, будуючи свій бізнес на благо акціонерів, співробітників і партнерів, несучи повну відповідальність за вплив своєї діяльності на навколишнє середовище.

Цінності підприємства:

- створення управлінської системи, яка відповідає кращим зразкам корпоративного управління та організаційно-фінансової прозорості;
- розширення асортименту виробленої продукції, підвищення її якості і термінів виготовлення;
- ефективне використання виробничих, природних і фінансових ресурсів;
- дотримання принципу економічної доцільності;
- підтримка високого кваліфікаційного рівня співробітників компанії, стимулювання професійного і творчого розвитку;
- збільшення активів компанії, вартості акцій та інших цінних паперів шляхом забезпечення ефективного управління, інвестування та технічного переоснащення;
- забезпечення стабільного економічного зростання без шкоди

навколишньому середовищу;

- дотримання інтересів представників суспільства у своїй діяльності;
- підтримка соціальних програм, спрямованих на розвиток регіону присутності компанії;
- відповідальність за збереження навколишнього природного середовища та досягнення екологічної результативності бізнесу компанії;
- забезпечення промислової безпеки та охорони праці в усіх сферах виробничої діяльності.

Будучи найбільшою міжнародною компанією, Дніпроспецсталь розробляє, виробляє і реалізує металопродукцію з неіржавіючих, інструментальних, швидкорізальних (в т. ч. виготовлених методом порошкової металургії), підшипникових, конструкційних легованих і вуглецевих сталей.

Застосовувані на заводі технології дозволяють отримувати високоякісні сталі і сплави, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості - машинобудуванні, суднобудуванні, автомобілебудуванні, авіакосмічній та нафтогазовидобувній галузях.

З цього металу виготовляють деталі машин і механізмів, безшовні труби і підшипники, інструмент для подальшої обробки металів і сплавів.

Географічне розташування компанії дає значну перевагу у виході на ринки СНД та ЄС. Продукція Дніпроспецсталі затребувана більш ніж в 60 країнах. Зберігаючи позиції лідера на внутрішньому ринку, Дніпроспецсталь розширює свою присутність в Росії, Європі, Америці та Азії, співпрацюючи з партнерами та дистриб'юторами в 15 країнах світу. Реалізація металопродукції забезпечувалася через канали збуту: ТОВ «ДСС Глобал Трейдинг» (Україна), ТОВ «ДСС-М» (Росія), дистриб'ютор DSS International (Швейцарія) і його агенти DSS GmbH (Німеччина) і DSS America (США). Наявність власних офіційних дилерів і їхніх агентів дозволяє компанії здійснювати реалізацію продукції кінцевому споживачу і спрощує для наших клієнтів процедуру оформлення замовлень.

Ключові види товарної продукції: металопродукція з неіржавіючих, високолегованих інструментальних сталей, швидкорізальних, підшипникових, легованих і вуглецевих конструкційних марок сталі, в тому числі виплавлених методом порошкової металургії, електрошлакового й вакуумно-дугового переплавів. Дніпроспецсталь виробляє більше 800 марок сталі в 1200 профілерозмірів. Завдяки своїй потужній виробничій базі підприємство володіє широкими можливостями по випуску різних видів продукції зі спеціальної сталі. Основними споживачами продукції компанії є трейдери і кінцеві споживачі металопродукції машинобудівного, трубного, будівельного, енергетичного секторів. Компанія постійно модернізує виробничі потужності, освоює нові технології, встановлює новітнє обладнання, що дозволяє випускати високоякісну продукцію.

Конкурентні переваги компанії :

- висококваліфікований персонал, здатний виробляти широкий перелік спеціальних марок, сплавів і профілерозмірів;
- індивідуальний підхід до клієнта і можливість виконання малотоннажних замовлень, з урахуванням додаткових вимог споживачів;
- найкоротші терміни виконання замовлень і їх неухильне дотримання;
- широкий спектр обладнання, різноманітність методів виробництва і переділу сталі;
- модернізоване обладнання і вдосконалені технологічні процеси;
- контроль якості продукції;
- процесна технологія управління підприємством.

З метою планування ресурсів підприємства і для забезпечення фінансової прозорості бізнесу в компанії працює автоматизована система управління ресурсами підприємства R/6 компанії SAP, яка є потужним інструментом аналізу даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Функціональними службами постійно контролюється процес впровадження

програм оптимізації виробництва, з проведенням комплексного аналізу отриманого економічного ефекту. Ведеться робота з розвитку управлінського обліку та вдосконалення системи щотижневого контролю витрат матеріалів, рухом металовідходів, простоями основного виробничого обладнання. У результаті постійного контролю використання сировини і матеріалів, застосування розроблених і впроваджених програм по зниженню витрат, які включають в себе всі сфери управління підприємством: виробничу, матеріально-технічну, енергетичну, фінансову, отримано ряд позитивних результатів.

Основні напрями інвестиційної діяльності компанії:

– енергобезпека, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій:

1) проекти, спрямовані на скорочення витрат палива при виробництві продукції: заміна існуючої вогнетривкої футеровки глісажних труб на футеровку з легковагих вогнетривких матеріалів, технологія дозволяє скоротити витрати палива на 10-15%; реконструкція нагрівальної печі із заміною футерування, пальників і автоматизованою системою управління;

2) проекти, спрямовані на скорочення витрат на опалення та гаряче водопостачання: будівництво системи утилізації тепла відхідних газів конвертера газокисневого рафінування; система дозволяє скоротити витрати на опалення і гарячу воду побутових приміщень за рахунок використання тепла охолоджуючого контуру для нагріву води; початок будівництва локальної електростанції на азотній станції в енергосиловому цеху дозволить істотно знизити витрати на зимове опалення;

3) проекти, спрямовані на модернізацію енергосистеми підприємства: реконструкція, модернізація осередків ГПП з установкою високовольтних елегазових вимикачів; модернізація мережевого трансформатора; модернізація автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії;

- проекти, спрямовані на забезпечення енергобезпеки та енергонезалежності підприємства: проектування установки для зберігання та газифікації рідкого кисню;
- забезпечення контролю якості: установка каналу бору на спектрометрі, придбання муфельній печі в аналітичну лабораторію, придбання феррітометра в цех випробувань, придбання верстата для виготовлення концентратів напруги на зразках для випробувань на ударну в'язкість, придбання приладів радіологічного контролю;
- оновлення та реконструкція парку технологічного обладнання та автотранспорту: заміна токарно-обдирного верстата типу рт для обробки великого, придбання посиленних колон для реконструкції преса, модернізація лінії суцільної зачистки металу; заміна повітряного турбокомпресора; придбання тягачів з напівпричепами, автобуса для перевезення співробітників підприємства;
- реалізація екологічних програм і проектів: продовження виконання зобов'язань щодо оплати нової системи газоочистки технологічних і неорганізованих викидів, проектування газоочисних споруд технологічних і неорганізованих викидів;
- розвиток інформаційних технологій, оновлення комп'ютерного обладнання і систем;
- виконання приписів наглядових органів, фінансування проектів, спрямованих на підвищення безпеки і поліпшення умов праці співробітників підприємства.

Контроль екологічної безпеки - першочергове завдання ПАТ «Дніпроспецсталь». З цією метою підприємство здійснює різні види досліджень стану атмосферного повітря, стічних вод, водоприймачів, природоохоронних об'єктів та інше. Здійснювався контроль технічного стану природоохоронних об'єктів. Проводиться перевірка ефективності роботи вентиляційних установок. Виконуються роботи з контролю за скидом стічних

вод та інструментальні заміри з метою санітарно-гігієнічного контролю робочих місць за умовами праці. Дніпроспецсталь на постійній основі реалізує програми, спрямовані на зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Пильна увага приділяється модернізації, проведенню капітальних та поточних ремонтів, установці нового газоочисного обладнання.

Дніпроспецсталь докладает всіх зусиль до мінімізації негативного впливу свого виробництва на навколишнє середовище і прагне скорочувати водоспоживання у виробничих циклах. Основний водозабір Дніпроспецсталь здійснює з поверхневих джерел і систем центрального водопостачання. Значна частина води знаходиться в оборотних циклах і використовується для охолодження виробничого обладнання, частина води, яка забирається використовується в технологічному процесі.

Поводження з основними матеріалами і відходами ПАТ «Дніпроспецсталь» приділяє велику увагу проблемі невідновлюваних природних ресурсів. Сталий розвиток передбачає раціоналізацію споживання, задоволення потреб теперішнього часу без загрози здатності майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Основними матеріалами в нашому виробництві є метали і феросплави. До використовуваних не поновлюваних матеріалів відносяться: добавочно-заправні матеріали, графітовані електроди, лакофарбова продукція, ПММ (бензин, дизпаливо). Всі інші матеріали після використання можуть перероблятися і повторно застосовуватися або за прямим призначенням, або у вигляді іншої продукції.

ПАТ «Дніпроспецсталь» усвідомлює, що зниження споживання палива та енергоємності технологічних процесів, крім зменшення виробничих витрат підприємства, приносить також значний ефект по заощадженню екології та природних ресурсів. Тому приділяє пильну увагу розробці та впровадженню програм з енергозбереження та зниження енергоємності виробництва. Основним напрямком діяльності у цій сфері є модернізація технологічного обладнання та впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій. Серед проектів, спрямованих на енергозбереження слід виділити: підвищення

ефективності роботи газовикористовуючих агрегатів шляхом проведення еколого-теплотехнічних випробувань нагрівальних пристроїв у цехах, які дозволили скоротити споживання газоподібного палива на 342 т. у. п.; впровадження локальних електромінікотельних у тупикових споживачів за територією заводу, що дозволило заощадити 5000 Гкал теплової енергії; розробка і впровадження установки утилізації тепла відхідних газів, що дозволило заощадити 2532 Гкал теплової енергії та забезпечити тепlopостачання двох цехів і головної насосної станції від утилізованого тепла.

Технологічна схема виробництва ПАТ «Дніпроспецсталь», що зображена на рисунку 1.1, включає в себе оптимальне поєднання різних процесів, що дозволяють отримувати якісну продукцію із заданими властивостями за індивідуальними замовленнями наших клієнтів.

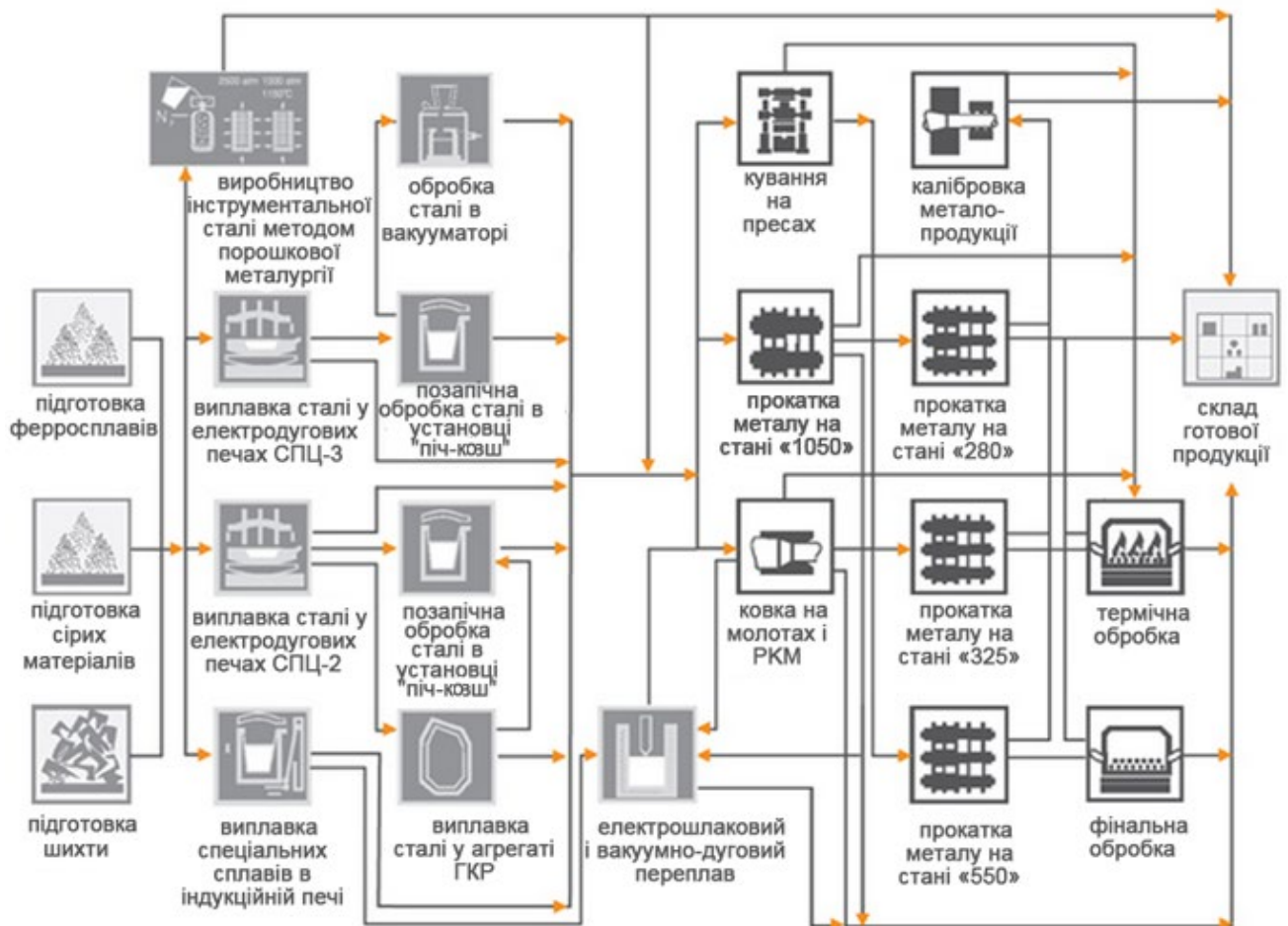


Рисунок 1.1 - Технологічна схема виробництва ПАТ «Дніпроспецсталь»

Виробництво сталі на ДСС представлено чотирма сталеплавильними цехами.

У цеху порошкової металургії встановлена індукційна піч ємністю 4 т. Для виробництва більш ніж 30 марок швидкорізальної та інструментальної сталі, що задовольняє вимогам стандартів ГОСТ, DIN, ASTM, застосовується процес ASEA – STORA (холодне і гаряче ізостатичне пресування при температурі 1100-1150 ° C і тиску 1000 атм.).

У сталеплавильному цеху №2 виплавка сталі ведеться у відкритій електродуговій печі, з наступною продувкою в аргонокіслородному конверторі і обробкою на установці піч-ковш. Цей процес дозволяє отримати низковуглецеву корозійностійку нержавіючу сталь. Цех обладнаний індукційною піччю ємністю 8 т для виробництва жароміцних сталей і спеціальних сплавів.

У сталеплавильному цеху № 3 отримують високоякісну сталь шляхом обробки напівпродукту на установці піч-ковш фірми Danieli з подальшим вакуумуванням розплаву в вакууматорі фірми Mannesmann Demag.

Сталеплавильний цех №5 обладнаний печами ЕШП і ВДП різної ємності, що дозволяють виробляти сортові злитки вагою 0,9-6,0 т і листові злитки вагою 9,3-20,0 т. Технологія ЕШП забезпечує отримання сталі і спеціальних сплавів, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості: авіаційної, оборонної, а також теплової та атомної енергетики.

Переробне виробництво ДСС представлено прокатним, калібрувальним, ковальським, ковальсько-пресовим, термічним цехами і цехом ад'юстажної обробки металу.

На сорто-заготовочному стані 1050/950 прокатного цеху отримують заготовку для подальшої прокатки на сортових станах, а також виробляють прутки діаметром 130-280 мм. Сортівні прокатні стани 550, 325 і 280 випускають продукцію діаметром від 8 до 130 мм, з поверхнею в стані після прокатки або механічно оброблену. Обробка поверхні продукції здійснюється на безцентрових обдирних верстатах в ході повністю механізованого процесу.

На ділянці оздоблювальної лінії прокатного цеху, на верстаті Loeser RPS 377 відбувається обробка прутків діаметром 120-280 мм всього марочного сортаменту заводу вагою до 2,6 т. В обладнанні застосована технологія мокрого шліфування на «контактному колі» або «вільною стрічкою». Вся продукція, діаметром від 20 мм і більше, підлягає ультразвуковому контролю відповідно до стандарту EN 10308, ASTM A388 або SEP 1921.

У калібрувальному цеху виробляють круглі холоднотягнуті прутки діаметром 2-45 мм, круглі прутки зі спеціальною обробкою поверхні діаметром 1,9-50 мм і калібровані прутки шестигранного перетину, діаметром вписаного кола 12-46 мм (для ринку СНД).

Великогабаритні кування круглого, квадратного і прямокутного перерізу з різних марок сталі є продукцією кувально-пресового цеху. У цеху встановлено гідравлічні преси 60 МН і 32 МН, оснащені 5-ти і 10-ти тонними маніпуляторами.

У цеху знаходяться ділянки для термообробки, правки та оздоблення поковок, а також для ультразвукового контролю якості.

Кувальний цех виготовляє продукцію з нержавіючих, інструментальних, швидкорізальних марок сталі і сплавів, також спеціалізується на виробництві прутків з важко деформуються легованих марок сталі. У цеху встановлено дві радіально-кувальні машини номінальним зусиллям 10 МН і 3,4 МН.

Цех ад'юстажної обробки металу проводить механічну обробку поверхні прутків діаметром 20-200 мм, остаточна обробка прутків зі спецвідділкою до кола 160 мм виробляється на верстаті RPS 327. У цеху встановлено дві лінії для обточування і спеціальної обробки поверхні. Тут проходять заключну обробку прутки, що надходять з прокатних станів 1050, 550, 325 і 280, а також кувального і кувально-пресового цехів.

В цілому ПАТ «Дніпроспецсталь» використовує велику кількість енергоресурсів, які наведені у таблиці 1.1, та на діаграмі (рисунок 1.2). Основними споживаними енергоресурсами підприємства є природний газ та електрична енергія.

Одним з найбільш енергоємних цехів підприємства є прокатний цех, споживання енергоресурсів для якого показані у таблиці 1.2 та на рисунку 1.3. Тому в роботі прийнято рішення приділяти увагу розробці та впровадженню заходів зі зниження енергоємності виробництва на підприємстві і у прокатному цеху зокрема, та проаналізувати всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності.

Таблиця 1.1 - Споживання енергоресурсів для ПАТ " Дніпроспецсталь "

Найменування ресурсів	Одиниці вимірювання	Величина	Вартість, млн. грн
Електроенергія	тис. кВт·год	434641	782,35
Газ природний	тис. м ³	66660,4	599,94
Газ доменний	тис. м ³	136384	136,38
Теплова енергія	Гкал	107440	118,18
Вода технічна	тис. м ³	29543	35,45

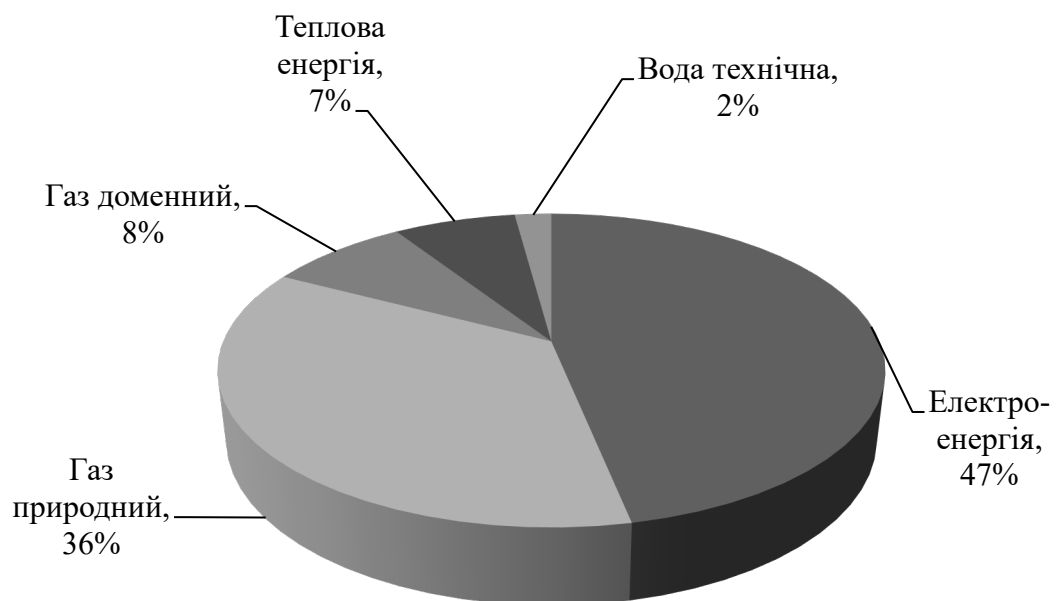
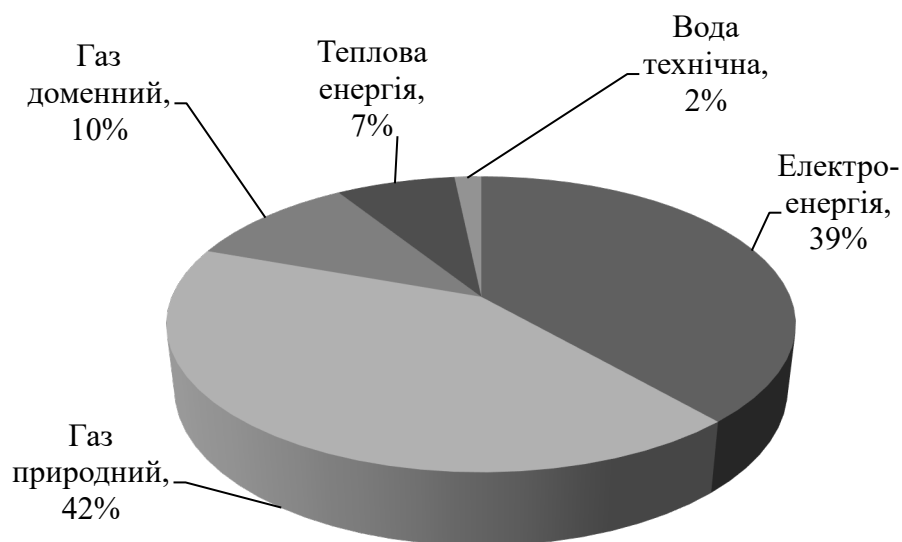


Рисунок 1.2 - Споживання енергоресурсів для ПАТ " Дніпроспецсталь "

Таблиця 1.2 - Споживання енергоресурсів для прокатного цеху

Найменування ресурсів	Одиниці вимірювання	Величина	Вартість, млн. грн
Електроенергія	тис. кВт·год	130911	235,64
Газ природний	тис. м ³	28500,8	256,51
Газ доменний	тис. м ³	64240,2	642,40
Теплова енергія	Гкал	40635	446,99
Вода технічна	тис. м ³	8380,5	10,057



Рисунки 1.3 - Споживання енергоресурсів для прокатного цеху

1.2 Характеристика прокатного цеху

До складу прокатного цеху входить нагрівальне відділення, прокатні стани: стан заготовочний 1050/950, стан середньо сортний 550, стан середньо сортний 325, стан дрібно сортний 280, ділянка різання, травильне відділення,

термічне відділення а також ділянка зачистки злитків. Прокатні стани спеціалізується на випуску заготівель квадратного й круглого перетину.

Досить відповідальною технологічною операцією є нагрівання металу перед прокаткою. Він повинен забезпечувати нормальні умови для деформації металу й висока якість готової продукції. В останні роки розвивається новий напрямок у технології, засноване на керуванні процесом нагрівання металу з метою його оптимізації. Одну із завдань оптимізації процесу нагрівання можна сформулювати як питання про найбільш швидке нагрівання заготівлі до заданої температури за умови, щоб термічні напруги не перевищили певної заданої величини. Звичайно термічні напруги пропорційні різниці температур поверхні й середньої частини товщини заготівлі.

На заводі "Дніпроспецсталь" для нагрівання злитків використовують рекуперативні нагрівальні колодязі. У прольоті розташовано 12 груп нагрівальних колодязів. Група колодязів складається із двох осередків з розмірами з 1 по 9 групи $4.8 \times 4.6 \times 3$ м, з 10-й по 12-у групу розміри осередків - $5.54 \times 4.65 \times 3$ м. Стінки осередків складаються із двох шарів: один шар виготовлений із шамоту, другий шар - ізоляція. Колодязь закривається кришкою, що являє собою тверду металеву раму, що підтримує плоский підвісний звід. Для відкривання кришок застосовуються подові крани.

Конструкція нагрівальних рекуперативних колодязів з опаленням із центра подини обрана аналогічної існуючим колодязям.

Кожний осередок обладнаний газовим пальником у центрі поду.

Для високотемпературного підігріву повітря (до 800°C) застосовуються керамічні рекуператори з вертикальними трубами. Ці рекуператори збираються зі стандартних трубок восьмигранного перетину. Внутрішній діаметр трубок 108 мм, товщина стінки - 16 мм, висота - 356 мм, розташування трубок шахове. Димові гази рухаються по трубках зверху вниз, повітря йде між трубками протivotоково-перехресним струмом стосовно диму. Керамічні рекуператори мають загальну площу нагрівання повітря 245 м^2 . Для нагрівання повітря в

рекуператорах використовують теплоту газів, що відходять, з температурою близько $1100 \div 1250$ °С.

Підведення повітря в колодязь здійснюється тангенціально під кутом 8 до горизонталі з метою зменшення вібрації гарячого повітря в зазор. З метою зменшення втрати тепла з газами, що йдуть, установлені металеві трубчасті рекуператори.

Колодязі обладнані контрольно-вимірювальними пристроями, установлюваної на теплових щитах. Процес нагрівання злитків здійснюється з автоматичним регулюванням температури горіння й тиски в осередку. Можливо напівавтоматичне або дистанційне керування.

Стан заготівельний 1050/950 складається із двох лінійно розташованих клітей - обтискної й заготівельної. Сортамент стану: квадрат зі стороною $98 \div 350$ мм, електроди, квадрат зі стороною 240 мм, коло діаметром $130 \div 300$ мм із вуглецевих, легованих і високолегованих сталей спеціального призначення, що вимагають особливого режиму нагрівання, прокатки й додаткової обробки готової продукції й заготівлі. Стан катає злитки, передані в прокатний цех як гарячим, так і холодним всадом.

Стан "тріо" 550 складається із чотирьох клітей, розташованих в одну лінію, перша кліть - обтискна, друга й третя - чорнові, четверта кліть - чистова.

Три робочі кліті "тріо" обладнані механізованими пристроями вертикального й осьового регулювання валків станинами відкритого типу, з попередньою напругою вузла з'єднання кришки зі стійками станини для підвищення твердості станини. Твердість кліті 90 т/мм.

Чистова робоча кліть "дуо" конструктивно виконана аналогічно клітям 1÷3. Кантуюча шайба перед кліттю №4 забезпечує автоматичне кантування на 90° і втримання з фіксацією осі передчистового розкату при його завданні в калібри чистової кліті стану. Довжина рольганга перед кліттю №4 становить 35м для виключення скривлення розкату при переміщенні шлеперами.

Опори валків робочих клітей установлені на підшипниках кочення. У лінії стану валки з'єднані між собою універсальними шпинделями на тілах кочення.

Шестеренна кліть - відкритого типу із шевронними валками. Крутний момент двигуна сприймається середнім шестеренним валком.

На раскатному полі з передньої сторони стану є чотирьох і шестиниточні шлепери. Передачу розкату з 1 кліті на 2 здійснюють за допомогою чотириниткових шлеперів. Крок між нитками 3200 і 1600 мм. Передачу розкату з 2 кліті на 3 і з 3 на 4 роблять шестиниточними шлеперами із кроком 1600 мм. Із задньої сторони стану встановлені чотириниткові шлепера із кроком 3200 і 3400мм.

Перша, друга і третя кліті із завданням сторони обладнані підйомно-хитними столами. На столі за 1 кліттю змонтовані дві маніпуляційні лінійки з незалежним приводом.

Характеристика головної робочої лінії стану:

- потужність електродвигуна головного приводу - 2400 кВт;
- число оборотів двигуна- $0 \div 150$ об/хв.;
- число оборотів валків - $0 \div 150$ об/хв.;
- довжина бочки валків 1 кліті -1750 мм; 2-4 клітей -1600 мм;
- довжина валків min – 580 мм; max – 644 мм.

Основне й допоміжне устаткування сортового стану 325 розташовано в п'яти прольотах цеху:

- склад заготівлі;
- грубний проліт;
- становий проліт;
- склад готової продукції;
- машинний зал.

Склад заготівель стану 325 є частиною загального складу заготівель сортових станів і примикає до завантажувальних шлеперам нагрівальних печей:

Для нагрівання заготівель установлені п'ять методичних нагрівальних печей.

Стан 325 складається із двох робочих ліній і призначений для виробництва прокату вуглецевих, легованих і високолегованих сталей і сплавів з особливими властивостями.

Обтискна лінія складається із приводу, шестеренної кліті й трёхвалкової робочої кліті закритого типу, чистова лінія - із приводу, шестеренної кліті й п'яти робітників клітей із прорізами для 4-х валків, що працюють як двухвалкові. Відстань між осями робочих ліній стану - 28 м.

Для охолодження прокату перед різанням на стані є рейковий холодильник із прийомним і рольгангом, що відводить. Довжина холодильника-60 м, ширина -5 м.

За холодильником установлені ножиці з рухливим упором для різанням розкатів на замовлені довжини. Порізаний метал відводиться рольгангом на пристрій для скидання готової продукції в збірну кишеню.

Склад готової продукції обладнаний звареними секціями (бугелями); при прокаті більших партій тріщино чуйних сталей використовують колодязі вповільненого охолодження.

На дрібно сортному стані 280 основне й допоміжне устаткування стану розташоване в чотирьох прольотах цеху:

- склад заготівлі,
- становий проліт,
- склад готової продукції,
- машинний зал.

Склад заготівель стану є частиною загального складу заготівель сортових станів, примикає до завантажувальної частини нагрівальних печей, уміщає добову потребу стану, з'єднаний з ад'юстажем заготівлі передатним візком вантажопідйомністю 20 т.

На стані є п'ять нагрівальних методичних печей. Відстань від вікна видачі заготівель до осі обтискної кліті - 14 м.

Стан 280 складається із трьох робочих ліній, призначений для виробництва прокату вуглецевих, легованих сталей і сплавів з особливими властивостями. Обтискна лінія складається із приводу й однієї робочої кліті типу "тріо". Чорнова лінія складається із приводу, шестеренної кліті й двох робітників клітей типу "тріо", лінія працює як змінне "дуо". У першій кліті робітниками є нижня пара валків, у другий - верхня пара. Спільно обидві кліті чорнової лінії працюють тільки при прокатці прутків діаметром 6,5 - 9 мм, смуги перетином 4x20 мм, трапецієподібного профілю перетином 8,5x9,9 мм, у них виробляється три пропуски. При виробництві прокату інших розмірів сортаменту використовується тільки кліть чорнової лінії.

Між обтискною й чорною лініями клітей установлені ножиці гарячого різання, на яких відбувається обрізка розшарованих кінців розкатів обтискної кліті або різання їх на частині, якщо в цьому є необхідність. За ножицями по ходу прокатки встановлена підігрівальна камерна піч, призначена для підігріву недокатів. Відстань між осями обтискної кліті й ножиців - 17 м, між осями ножиців і підігрівальної печі - 6 м, між осями обтискної й чорнової лінії стану - 39 м. Обтискна й чорнова лінії з'єднані приводним рольгангом. Чистова лінія стану, складається із приводу й семи робочих клітей; шість клітей лінії типу "тріо", працюють як змінне "дуо", сьома кліть чистова типу "дуо". Чорнова й чистова лінії стану зв'язані транспортним рольгангом, у якому вмонтована букса, що кантує.

Відстань між осями чорною й чистовою лініями стану 21 м. За чистовою лінією стану на відстані 21 м по осі кліті № 5 установлені летучі ножиці, призначені для різання готового прокату на довжини 4,6; 30 м.

Готовий прокат, залежно від кінцевого розміру, одержують в кліті № 5, або в кліті № 7. Прокат, що поставляє в прутках, передається із чистових клітей № 5 і № 7 до летучих ножиць за допомогою напрямних труб і пари тягнучих роликів, установлених перед летучими ножицями. Готовий прокат

трапецієподібний, перетином 8,5x9,9 мм, і діаметром 6,5:14 мм поставляє в бунтах, змотується на трьох моталках типу "Гаретта", У моталок для збирання бунтів і передачі їх на пакетувальна машину є пластинчастий транспортер

Прутковий прокат після різання на летучих ножицях передається транспортним рольгангом на рейковий холодильник. Довжина холодильника 33,6м, ширина 7,24 м. За холодильником установлені ножиці з рухливим форштосом для різання розкатів на замовлені довжини, що відводить рольганг і пристрій для зштовхування готової продукції в збірну кишеню.

Склад готової продукції обладнаний звареними секціями для складування готового прокату, у прутках. Є площа для складування бунтів.

Технічна характеристика обладнання стану. Злитковіз - призначений для транспортування злитків від нагрівальних колодязів до прийомного рольганга й для укладання злитків на прийомний рольганг. Злитковіз складається із двох механізмів: механізму пересування й механізму перекидання колиски. Швидкість пересування злитковоза до 5,06 м/с, швидкість підходу злитковозу до упору - 0,4 м/с. Час перекидання колиски 3,0 - 3,5с.

Прийомний рольганг - призначений для приймання злитків від злитковоза й подачі його до поворотного стола. Прийомний рольганг складається з 10 секцій, по 3 кутих ролики в кожній секції. Загальна довжина прийомного рольганга до поворотного стола 17400 мм.

Поворотний стіл - призначений для розвороту злитків на 180° у горизонтальній площині й напрямку злитків у кліть донною частиною й розташований на відстані 39500 мм до стану. Поворотний стіл являє собою поворотну платформу діаметром 2900 мм і складається з 2-х механізмів: механізму повороту й рольганга. Час розвороту на 180° - 4,5с.

Транспортний рольганг - призначений для транспортування злитків і розташований за поворотним столом; складається з 12-ти секцій (по 3 шт.) пустотілих роликів. Довжина рольганга $12 \times 1765 = 21180$.

Підводящий рольганг - призначений для передачі злитків із транспортного рольганга на робітник і є продовженням робочого рольганга перед кліттю. Довжина рольганга, що підводить, 14960мм.

Робочі рольганги та станинні ролики обтискної кліті розташовані з передньої та задньої сторони кліті й служать для завдання розкату (злитка) у валки й прийому їх з валків. Передній робочий рольганг складається з 8 цілком кованих роликів із кроком 650 мм.

Задній робочий рольганг має 8 роликів. Окружна швидкість роликів 1-3,5 м/с. Станинні ролики по 2 ролики з кожної сторони розташовані безпосередньо в станинах кліті.

Маніпулятор призначений для напрямку розкату з калібру в калібр і виправлення розкату.

Кантувач призначений для кантування на 90° злитків (розкату).

Технічна характеристика маніпулятора:

- тип приводу лінійок – електричний;
- дина лінійок – 5465 мм;
- максимальний робочий розчин – 2100 мм;
- максимальне зусилля виправлення – 400 кН;
- робочий хід лінійок: правих - 1800 мм; лівих - 1950 мм;
- швидкість пересування лінійок м/с - 0,6÷1,2;
- висота лінійок правих, мм – 730; лівих, 880 мм;
- тип кантователя - крюковий із кривошипно-рейковим приводом;
- кількість гаків, що кантують, 4 шт.;
- вертикальний підйом гаків, що кантують, 860 мм;
- число підйомів гака у хвилину - 5.

Кліть складається із двох станин закритого типу. Робочі валки виготовлені зі сталі 60ХН. Діаметр нових робочих валків становить 1050 мм, мінімальний діаметр переточених валків - 970 мм.

Робочі валки, довжина бочки яких дорівнює 2250 мм, мають шейки діаметром 640 мм і опираються на підшипники з текстолітовими вкладишами, охолоджувані водою. Найбільше зусилля прокатки становить 18500кН, максимальна швидкість прокатки - 4,5 м/с. Привід індивідуальний від двох електродвигунів потужністю 3550 кВт кожний. Розчин валків змінюється в межах 10...800 мм. Вертикальну установку верхнього валка роблять натискним пристроєм зі швидкістю 200 мм/с. Зрівноважування верхнього валка роблять пристроєм, що зрівноважує, і системою гідравліки.

Виймку із кліті комплекту валків з подушками й установку в кліть нового комплекту роблять за допомогою механізму заміни валків обтискної кліті.

Швидкість прокатки на заготовочній кліті до 5,5 м/с. Валки виготовлені зі спеціального чавуну, шейки валків обертаються в текстолітових підшипниках. Для змащення й охолодження шийок валків до текстолітових вкладишів підведена вода, а також виробляється подача густого мастила для запобігання шийок валків від корозії.

Установку верхнього валка роблять натискним пристроєм. Максимальна швидкість підйому верхнього валка 200 мм/с. Зрівноважування верхнього валка гідравлічне.

Кліть має станини відкритого типу, перевалка валків здійснюється касетою за допомогою крана. Настроювання валків виробляється безпосередньо в кліті.

Відводящий рольганг - розташований за робочим рольгангом обтискної кліті, має довжину 8400мм і служить для транспортування розкату до 900 тоннних ножиців. Складається з 8 роликів із кроком 1200мм. Ролика мають окружну швидкість $1\div 4$ м/с і приводяться від індивідуальних електродвигунів ДП-32 ($P=12$ кВт).

Передатні шлепери, встановлені за 900-тонними ножицями, призначені для передачі розкату після різання головної частини на лінію заготовочної кліті.

Передатні шлепери складаються з п'яти шлеперних доріжок зі шлеперними візками й сталевими канатами із кроком 2400 мм ($5\times 2400 = 12000$ мм).

мм). Хід візків 8600 мм зі швидкістю 1,2 м/с. Шлепери приводяться в рух від електродвигуна МТВ-611-10 ($P=45\text{кВт}$) через редуктор і загальний трансмісійний вал. Загальна довжина шлеперного поля 14000 мм.

Здвоєний рольганг перебуває на шлеперном поле заготовочної лінії, має довжину 15600 мм і складається з 13 і 14 роликів. Ролики обертаються зі швидкістю 3,7м/с і 5,22м/с від індивідуальних електродвигунів АР73-12($P=3,5\text{кВт}$) і АР73-10($P=5\text{кВт}$). Довжина бочки роликів 700 мм і 1500 мм. Діаметр у всіх роликів 350мм, крок - 600мм.

Рольганг перед заготовочною кліттю загальною довжиною 16040 мм. Складається з 15 роликів із кроком 1035,1100,1200 мм. Привід роликів від індивідуальних електродвигунів ДП-32 ($P=12\text{кВт}$). Окружна швидкість роликів $1\div 5,5$ м/с. Діаметр бочки роликів 380 мм, довжина – 2400 мм.

Непарний рольганг розташований перед рольгангом заготовочної кліті й призначений для роботи при прокатці розкатів довших $15\div 16$ м. Рольганг має 13 непарних роликів із кроком 1200 мм.

Довжина рольганга 14400 мм. Діаметр бочки ролика 380 мм, довжина – 2400 мм.

Розподільний рольганг розташований у лінії заготовочної кліті за здвоєним рольгангом, його довжина 61200 мм. Призначений для транспортування розкату на передатні шлепери, які розташовані за ножицями із зусиллям різа 1250т. Розподільний рольганг складається з 2-х секцій: I секція довжиною 23700 мм із 20-ю роликами розташована перед шлеперним полем й має швидкість обертання роликів 5,22м/с.

Привід здійснюється від електродвигунів з індивідуальним приводом ($P=5\text{кВт}$); 2-а секція довжиною 37500 мм із 32-ма роликами, розташована на шлеперному полі, має швидкість роликів 3,71м/с.

Привід здійснюється від індивідуальних електродвигунів $P=3,5\text{кВт}$.

Крок роликів обох секцій - 1200 мм, діаметр - 350 мм, довжина бочки – 600 мм.

Передатні шлепери, розташовані за 1250 тонними ножицями, складаються із правих і лівих шлеперів і призначені для передачі розкату на різку з розподільного рольганга на праві або ліві 1250-тонні ножиці.

Ширина шлеперного поля 35200 мм, крок шлеперів $2400 \cdot 14 = 33600$ мм, хід шлеперного візка—10580 мм, зі швидкістю 1,2 м/с.

Привід здійснюється через трансмісійний вал і редуктор від електродвигуна змінного струму ($P=45$ кВт, $n=576$ об/хв.).

Відстань від шлеперного поля до осі заготовочної кліті – 65000 мм.

Рольганги перед ножицями із зусиллям різа 1250т призначені для подачі розкатів до ножиців.

Рольганги мають груповий привід від електродвигунів через циліндричний редуктор і коробку циліндричних шестірень.

Технічна характеристика (на один рольганг):

- кількість роликів, 3 шт.;
- діаметр бочки ролика, 350 мм;
- довжина бочки ролика, 600 мм;
- крок роликів, 700 мм;
- окружна швидкість роликів, 3,7 м/с;
- електродвигун приводу ДП-42 потужністю, 21 кВт;

Ролики рольгангів цільноковані, обертаються в підшипниках кочення. Рольганг обладнаний плитним настилом.

Відсувний рольганг 1250-тонних ножиців встановлений за ножицями (з боку робочої клітей) і призначений для скидання обрізи й проб у жолоб під рольгангом.

Технічна характеристика:

- кількість роликів, 8 шт.;
- діаметр бочки роликів, 350 мм;
- довжина бочки роликів, 660 мм;

- окружна швидкість роликів, 3,71 м/с;
- електричний двигун приводу рольганга ДП-62 потужністю, 64 кВт;
- електричний двигун руху рольганга МТМ-411 потужністю, 16 кВт;
- хід руху рольганга, 500 мм.

Рольганг має груповий привід через 2-х східчасту циліндричну передачу на конічні шестірні трансмісії. Ролики рольганга охолоджуються водою. Розміри головної обрізи злитків відкритої дугової виплавки розраховані по номінальній масі злитків при номінальній висоті наливу прибили.

Для забезпечення точності різання мірних довжин існують допуски на усадку при охолодженні металу.

При прокатці злитків до кінцевого профілю на першій кліті, без видалення обрізи головний і донною частини злитка в проміжному профілі на пресі із зусиллям 900т, обріз віддаляється в готовому профілі на ножицях із зусиллям 1250т або пилках.

Ножиці гарячого різання тиском 900т з нижнім різом призначені для обрізки й дорізки прибуткової частини злитка, а якщо буде потреба, при прокатці твердих марок стали - для обрізки донної розкуйовдженої частини перед прокаткою на заготовочній кліті. Ножиці розташовані в лінії обтискної кліті на відстані 19700мм від осі стану. Привід ножиців від 2 електродвигунів через редуктор. Потужність кожного двигуна 280кВт, швидкість обертання - 700÷1400 об/хв. Кількість різів у хвилину на першій швидкості - 6, на другій швидкості -11. Максимально відрізаємий перетин - квадрат 300 мм на першій швидкості при температурі металу не менш 800 °С.

Технічна характеристика:

- розтвір ножів, 385 мм;
- довжина ножів, 1000 мм;
- висота верхнього ножа над крайкою рольганга, 350 мм.

Ножиці 900 т обладнані скидачем обрізі ножів , скидач приводиться в рух від електродвигуна Д1-31 ($P = 8,5$ кВт). Для скидання обрізі в жолоб під рольганг за ножицями є відкидний (потопаючий) ролик. Кількість ходів важеля скидача у хвилину 16. Максимальна маса, шматка що скидає 270 кг.

Ножиці обладнані конвеєром скрапного типу для збирання обрізі. Скрапний конвеєр має довжину 38600 мм і рухається в тунелі зі швидкістю 0,107 м/с.

На пластинчастих ланцюгах конвеєра закріплені шкребки в кількості 39 штук, на яких одночасно може перебувати до 7 т обрізі. Конвеєр, рухаючись по похилій площині, виносить обрізь у спеціальний скрапний проліт і скидає її через розвантажувальний жолоб у спеціальні коробки, які встановлені на поворотному столі діаметром 4600 мм. Вантажопідйомність поворотного столу 40т, швидкість переміщення 0,06 м/с .

Ножиці складаються з наступних основних механізмів:

- ножиці;
- привід ножиців;
- шпindel з рівноважуванням.

Привід ножиців задіян від 2-х електродвигунів через циліндричний редуктор і універсальний шпindel, що з'єднаний з ексцентриковим валом ножиців.

Ножиці типові, з нижнім різом і являють собою два повзуни, установлені у малій станині відкритого типу. Верхній валок сидить на ексцентровому валу й з'єднаний з віссю нижнього повзуна за допомогою 2-х шатунів, що сприймає зусилля різання.

Верхній повзун переміщається по направляючих станини , нижній повзун - по направляючих усередині верхнього повзуна.

Під час роботи ножиців ножі охолоджуються водою. Ножиці з передньої сторони (по ходу прокатки із задньої сторони) обладнані зштовхувачем обрізків, що призначений для зштовхування заднього кінця розкату (по ходу

прокатки передній кінець) у жолоб системи збирання обрізків, а також для подачі розкату на мірну довжину при відборі проб. Ножиці обладнані шахтним пристроєм для відбору проб. Кількість проб - 1-2 шт., час циклу 35 с.

Конвеєр збирання обрізків від ножиців призначений для збирання обрізків у короби.

Технічна характеристика

- кількість обрізі, що транспортує за 1 годину, 49 т;
- маса транспортуючої обрізі на горизонтальній ділянці, 4,7т;
- швидкість пересування стрічки, 0,105 м/с;
- кількість шкребків, 21 шт.;
- крок шкребків, 27х3000 мм;
- максимальна маса обрізка, 200 кг;
- електричний двигун приводу конвеєра МТ-52-8, 30 кВт.

На валу провідних зірочок установлений барабан, що обертаючись, передає обрізки з похилої частини конвеєра на розвантажувальний жолоб. Натяг ланцюгів виходить за рахунок маси нижнього провисаючої ділянки ланцюгів зі шкребком.

Сортамент стану та марки сталі. На заводі в прокатному цеху освоєне виробництво наступних марок швидкорізальної сталі: Р12МЗДО10Ф3-МП, Р12МФ5-МП (ТУ 14-1-2998-80), Р6М5ДО5-МП, Р12МЗДО8Ф2-МП (ТУ 14-1-2804-79), Р6М5Ф3-МП (ТУ 14-1-2998-80), Р12МЗДО5Ф2-МП (ТУ 14-1-3343-82) і Р9М4ДО8-МП (ТУ 14-1-3408-82). Технічні умови на порошкові швидкорізальні сталі розроблені інститутом "УкрНІспецсталь" і заводом "Дніпрспецсталь" на підставі результатів дослідження якості металу, виготовленого в лабораторних умовах, з урахуванням досвіду закордонних фірм.

Доповнення до вимог ДСТУ 19265-73 на швидкорізальну сталь традиційного способу виробництва технічні умови на порошкову сталь передбачають оцінку наступних показників якості металу:

- скупчень сульфідних включень, що проявляються в макроструктурі металу у вигляді локальних ростворів поверхні шліфа. Дефект виникає в результаті сегрегації сірки на поверхні порошкових часток у процесі високотемпературного нагрівання (у ТУ цей вид дефекту іменується "сірчаною ліквіацією");
- різнотравимості макроструктури металу, викликані поділом порошку на фракції в процесі заповнення та вібрації капсул (у ТУ дефект обозначається "шаруватість");
- пористості в мікроструктурі металу, що виникає в результаті недоприсовки порошку або включення аргону усередину капсули з порошком у процесі гарячого газостатичного пресування;
- забруднення стали кисневими включеннями, що утворюються в результаті перерозподілу кисню по перетину пресовки в процесі високотемпературного нагрівання (у ТУ цей дефект позначена "киснева ліквіація"), а також інших неметалічних включень, властивих сталям звичайного виробництва.

Технологічний процес прокатки металу. Документом на поставку злитків зі сталеплавильних цехів у прокатний цех є аналізна карта плавки (видається експрес-лабораторією відповідного сталеплавильного цеху) з оцінкою відділу технічного контролю про відповідність металу даної плавки вимогам необхідної нормативної документації.

Злитки плавки, по своєму хімічному складу відповідному графіковій виплавки (замовленню), і необхідної нормативної документації застосовуються для посадки в колодязі блюмінга.

Доставка злитків до нагрівальних колодязів обтискного стану доставляється по залізниці.

Вимоги до технології замовлення обмовляються робочою картою стану, де вказують необхідний профіль, довжина, необхідність термообробки, стандарт або технічні умови на готову продукцію.

Для злитків, що надходять на обтискний стан у гарячому стані, основними контрольованими параметрами є хімічний склад і температура. Для злитків, що надходять у холодному стані, основними контрольованими параметрами є хімічний склад і відповідність маркування даним аналізної карти плавки і якості поверхні вимогам технологічних інструкцій.

Перед посадкою злитків контролером ОТК перевіряється відповідність хімічного складу вимоги замовлення, температури посадки вимогам інструкції, відповідність розташування злитків схемі, наведеної на аналізній карті плавки, маркування і якості поверхні.

Контролер ОТК разом з нагрівальником визначають температуру поверхні злитків гарячого всаду по кривих охолодження або по таблиці. Посадка злитків у нагрівальні колодязі виробляється після дозволу контролера ОТК.

Тривалість посадки злитків однієї плавки не повинна перевищувати 15-25 хв. залежно від марок стали.

У холодний період року (при температурі нижче -10°C) злитки холодного всаду перед посадкою в нагрівальні колодязі витримуються в прольоті нагрівальних колодязів не менше 24 год.

Нагрівання злитків гарячого й холодного всада перед прокаткою здійснюється в рекуперативних нагрівальних колодязях.

У прольоті 12 груп колодязів. Кожна група колодязів складається із двох осередків розміром $5,54 \times 4,65 \times 3$ м.

Опалюються колодязі коксодоменою сумішшю з добавкою природного газу.

Для спалювання газу кожний осередок обладнаний газовим пальником у центрі поду, двома рекуператорами, озташованими із двох протилежних

сторін осередку. Рекуператори керамічні із загальною поверхнею 270 м² використовують теплоту відходящих газів з температурою близько 1100-1250 °С. Колодязі обладнані контрольно-вимірювальними апаратурою.

Маса садки в один осередок не повинна перевищувати 80 т. Мінімальна кількість злитків, що нагрівають в одному осередку, 8 шт.. В одному осередку можуть нагріватися злитки не більше трьох груп марок стали, що відповідають режиму нагрівання. При посадці в осередок злитків сталей різних груп нагрівання ведеться по режиму для сталі, що має більше повільний підйом температури, більше низьку температуру й меншу тривалість томління.

Після видачі таких злитків робиться нагрівання з максимальною швидкістю до заданої температури злитків інших груп.

На дошці посадки нагрівальником записуються: номер плавки, марки стали, кількість злитків, час початку й кінця посадки, температура злитків і осередку при посадці, схема посадки злитків. Аналогічні дані заносяться контролером ОТК у спеціальний журнал.

Необхідна температура металу встановлюється задатчиком температури на потенціометрі.

Завдання температури змінюється в процесі нагрівання металу відповідно до режиму для даної марки стали. Допускні відхилення від заданих температур плюс 10 °С, мінус 20 °С. Температура в колодязях перевіряється за допомогою контрольного оптичного пірометра після 20-хвилин витримки при заданій температурі й тиску для даного осередку, з обов'язковою попередньою перевіркою правильності роботи потенціометра.

При зупинках стану тривалістю до 2 год температура томління осередку зі злитками знижується на 100°С, при простої більше 2 год - знижується не менш, ніж на 200°С.

По закінченні простою відбувається нагрівання до температури томління, томління й видача злитків на прокатку.

Видача злитків відбувається рівномірно з таким розрахунком, щоб вони не затримувалися перед станом.

Доставка нагрітих злитків до стану відбувається за допомогою злитковоза.

Прокатка злитків здійснюється на блюмінгу "1050", що представляє собою обтискний дуо - реверсивний стан лінійного типу, що складає із двох клітей: обтискної (діаметр валків 1050 мм) і заготівельної (діаметр валків 950 мм). Кожна кліть має по 2 двигуни потужністю 3500 кВт. Стан пущений в 1955 році, реконструктивні заходи проводилися в 1966 і 1998 роках.

Залежно від розважування марки стали злиток за 15-25 пропусків обжимається до потрібного перетину. Передача злитка з калібру в калібр здійснюється маніпуляторами лінійками з передньої й задньої сторони. Кантування розкату на 90° відбувається кантувачем з передньої сторони кліті (встановлені на лівій лінійці маніпулятора).

З обтискної кліті розкат надходить до ножиців 900 т, де утворюється прибуткова частина.

Квадратну заготівлю перетином більше 170 мм і сорт діаметром більше 275мм одержують на обтискній кліті.

При прокатці сортового прокату круглого перетину діаметром 130-275 мм і заготівлі перетином квадрат 100-160 мм розкату, після видалення прибуткової частини на ножицях 900 т, передається шлеперами на рольганг лінії заготівельної кліті.

На заготівельній кліті із квадратної заготівлі по системі квадрат - овал, овал - коло за 2-4 пропуски одержують прокат круглого перетину діаметром 160-275 мм і за 4-6 пропусків по системі квадрат - ромб - овал - коло одержують прокат діаметром 130-150 мм.

Квадратна 100-160 мм для сортових станів катається у заготівельній кліті по системі ромб - квадрат за 4-6 пропусків.

Порізка металу на необхідні довжини відбувається на ножицях зусиллям 1250 тонн або роторних пилок. Тут же виробляється й відбір проб для проведення необхідних випробувань.

Обрізь від ножиців 900 т, 1250т та інших пив після таврування по жолобу подається на відводний конвеєр її в короби, установлені на поворотній платформі.

Розрізані на потрібні довжини заготівлі й сортовий прокат маркірується, скидають у кишені. З кишень за допомогою кранів метал передається, залежно від технології й вимог замовлення, у ями вповільненого охолодження, площадки або вантажиться у вагони.

Охолодження металу після прокатки відбувається, залежно від марки сталі, або в не опалювальних колодязях (ямах) уповільненого охолодження, або на повітрі. У прольоті стану є 18 колодязів для охолодження заготівель та 19 колодязів для охолодження сортового прокату.

Розміри робочого простору колодязів:

- для заготівлі 5000x5000x2000 мм;
- для сортового прокату 7000x2500x2000 мм.

Температура металу при завантаженні в колодязі вповільненого охолодження повинна бути не нижче 700°C. Вимір температури металу відбувається переносною термопарою через 20 хвилин після закінчення завантаження, подальші виміри відбувається через кожні 4 години. Залежно від марки сталі час охолодження може коливатися від 36 до 92 год.

Після охолодження метал передається на ад'юстаж, а метал потребуючий термообробки, відповідно до замовлення відвантажується не пізніше встановленого часу в термічний цех.

Травлення металу відбувається з метою видалення окалини й виявлення поверхневих дефектів. Відділення травлення заготівлі для сортових станів складається з 2 ліній.

Кожна лінія є самостійним агрегатом, керування лініями здійснюється з поста керування, завантаження та вивантаження відбувається кранами. Лінія розрахована на травлення заготівель довжиною 1250-3900 мм максимальним перетином 200x200 мм.

Максимальна вантажопідйомність однієї лінії 70 т. Середня тривалість травлення однієї садки - 15-20 хв.

Пересадження кошиків відбувається з ванни у ванну. Кожна лінія включає 6 ванн. Максимальна ємкість однієї ванни - 11 м³.

Ванни футеровані кислототривкою цеглою. Температура розчину у ваннах 55-95°C.

Відділення травлення сортаменту складається з 3 травильних ванн, однієї промивної й однієї ванни нейтралізації. Розміри ванн 6,5x1,4x2,2 м.

Травлення металу відбувається відповідно до режимів для груп марок сталі, зазначеними в інструкції. Контроль концентрації кислоти і якості протравленого металу виробляється відповідно до вимог інструкцій.

Споживачами природного газу в прокатному цеху є камерні нагрівальні печі, ефективність роботи яких є досить низькою, тому розробка та провадження нових наукових та технічних заходів в цьому напрямку є першочерговим завданням.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕРНОЇ ПЕЧІ

2.1 Загальні відомості про камерні печі

Велика частина термічних і нагрівальних печей призначаються для нагріву металевих виробів перед безпосередньою куванням, прокаткою і штампуванням. Це дозволяє поліпшити структуру самого металу, а також надає готової продукції міцність, зносостійкість, твердість і в'язкість.

На даний момент існує безліч класифікацій промислових печей, одна з яких розділяє їх за такими ознаками:

- за джерелом отримання теплової енергії - полум'яні і електричні печі;
- по технологічному призначенню - термічні, сушильні, нагрівальні, плавильні, випалювальні, прокатні печі та ін .;
- по робочому режиму - періодичної і безперервної дії;
- за конструктивними особливостями робочого простору (камери) - методичні, тунельні, прохідні, камерні з висувним і обертовим подом;
- за методом використання теплової енергії продуктів згорання - регенеративні і рекуперативні.

Процес термічної обробки включає в себе:

- нагрівання до заданої температури, за допомогою спеціалізованих нагрівальних пристроїв;
- витримка при температурі протягом певного періоду часу;
- подальше швидкісне охолодження.

Найбільш поширені методи термічної обробки у промислових печей - закалювання, нормалізація, цементация, відпустка і отжиг.

Для термічної обробки матеріалів широко використовуються камерні печі. Камерні печі - це загальна назва певної групи промислових печей, які застосовуються для термічної обробки матеріалів (речовин) зі скла і металу, а також для випалу керамічної продукції.

За своєю конструкцією класифікуються на:

- вертикальну піч;
- нагрівальний колодязь;
- колпакова піч;
- камерні печі з викатним подом і нерухомим подом;
- ямну піч та інші.

Опалюються камерні печі газом або рідким паливом. Продуктивність таких печей досить висока, у зв'язку з чим, вони користуються популярністю у виробництві.

Одним з видів промислових печей, в роботі яких використовуються рухомі частини, є також роликові печі, що складаються з великої кількості обертаючих роликів.

Камерна піч - піч з близькими за значенням довжиною, шириною і висотою робочого простору і з однаковою у всіх його точках температурою, призначена для нагріву або термічної обробки матеріалів. Типовий представник камерної печі для нагріву - нагрівальний колодязь. Одна з основних відмінностей режимів нагріву і режимів термообробки в близьких по конструкції печах полягає в тому, що в термічних печах часто реалізується режим: при заданому законі зміни температури поверхні металу. Такий режим витримати на практиці набагато важче, тому він припускає постійне коригування температури пічної атмосфери в часі.

Перевага камерних печей - їх універсальність у створенні різноманітних температурно-часових умов. Недоліки:

1) великі втрати теплоти на акумуляційну кладку при періодичних завантаженнях - вивантаженнях металу;

2) печі не відповідають вимогам поточного виробництва.

Тому камерні печі застосовуються там, де не можна використовувати прохідні печі, наприклад, при складних режимах термообробки, типу отжигу.

Слід відзначити особливості роботи пальників в камерних термічних печах. По-перше, в робочому просторі спостерігаються низькі робочі температури, що знаходяться на рівні температури займання палива і нижче. Тому для забезпечення стабільної роботи пальників їх треба оснащувати запальниками (частіше електричними).

По-друге, в камерній термічній печі сильно змінюється (в 10-20 і більше разів) теплова потужність і, відповідно, витрата палива. У період нагріву потужність садки від факела. Тому пальники встановлюють або в подподових топках або в форкамерних топках.

Форкамерні топки - невеликі топки в бічних стінах для попереднього спалювання палива з коефіцієнтом витрати повітря 0,8. Від цих топок дим вводиться в робочий простір за допомогою інжекційних пристроїв за рахунок високошвидкісних струменів повітря, що створює хорошу циркуляцію диму, що омиває садку.максимально, а в період витримки може впасти майже до нуля. Стандартні ж пальники нагрівальних печей допускають регулювання витрати газу в діапазоні 1: 4. Тому на камерних термічних печах повинні встановлюватися спеціальні пальники з широким діапазоном регулювання (1:10, 1:20 і вище).

По-третє, в камерних термічних печах, як правило, неприпустима робота пальників безпосередньо в робочому просторі, тому це викликає нерівномірність нагрівання.[8]

Камерна піч, показана на рисунку 2.1, призначена для різних видів термічної обробки деталей та інструментів при одиничному і дрібносерійному виробництві. Для завантаження і вивантаження деталей в цих печах використовують підвісні кліщі на монорейці і завантажувальні машини. Повітря для горіння в цих печах підігрівається в рекуператорі. Якщо для печей використовують газ середнього тиску і спалювання газу проводиться в

інжекційних пальниках, то повітря для горіння підігрівають і рекуператор не встановлюють. Продукти горіння відводяться під парасольку і потім у витяжну трубу. При роботі зі звичайною пічної атмосферою (окисної) печі мають максимальну температуру 1150°C . Іноді виготовляють печі з контрольованою атмосферою (захисною). Гранична температура нагріву в таких печах досягає 950°C .

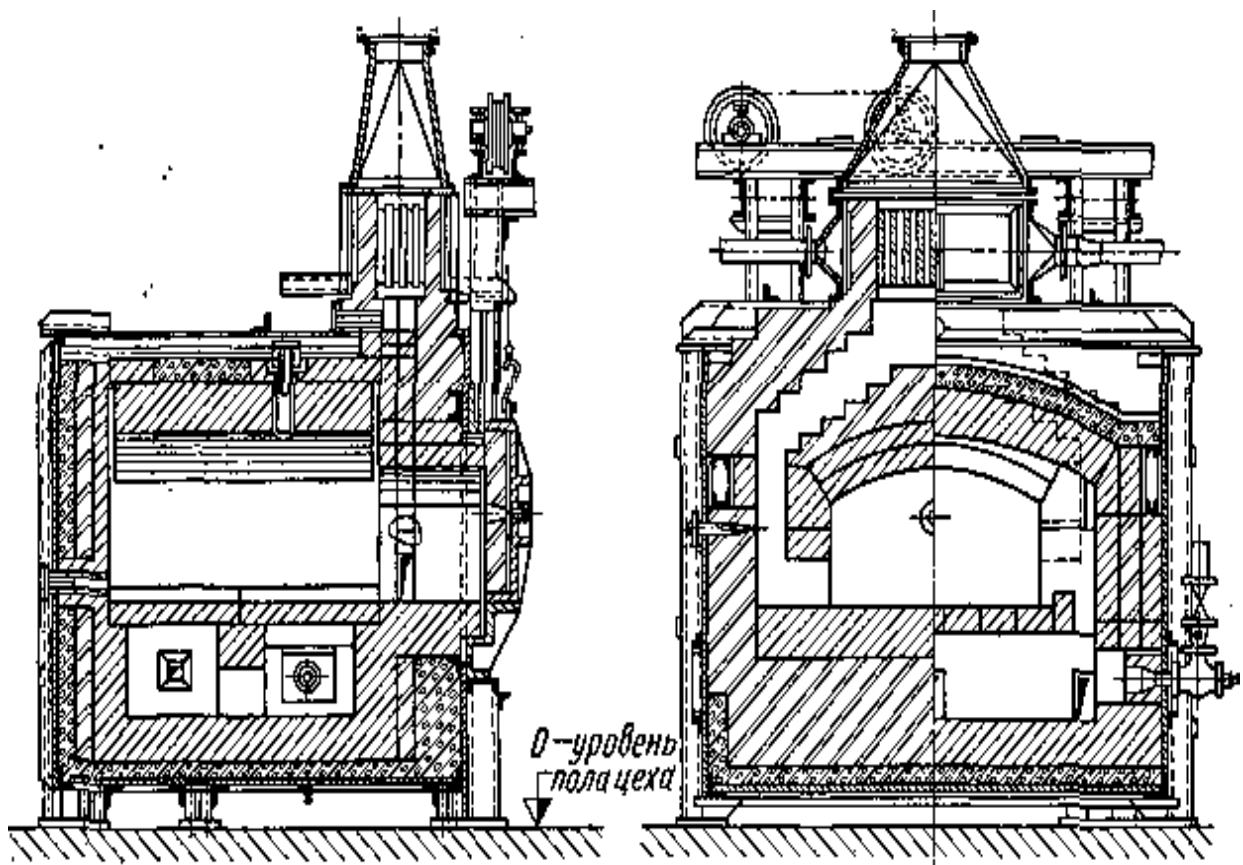


Рисунок 2.1 - Камерна піч

Габаритні розміри камерних печей, що працюють тільки на газоподібному паливі, менше мазутних, так як в них відсутній топковий простір або камера спалювання, зазвичай розташована під подом печі.

Для нагрівання великих кувальних штампів і для цементації застосовують камерну піч з кульовим подом 940×1510 мм, яка наведена на рисунку 2.2.

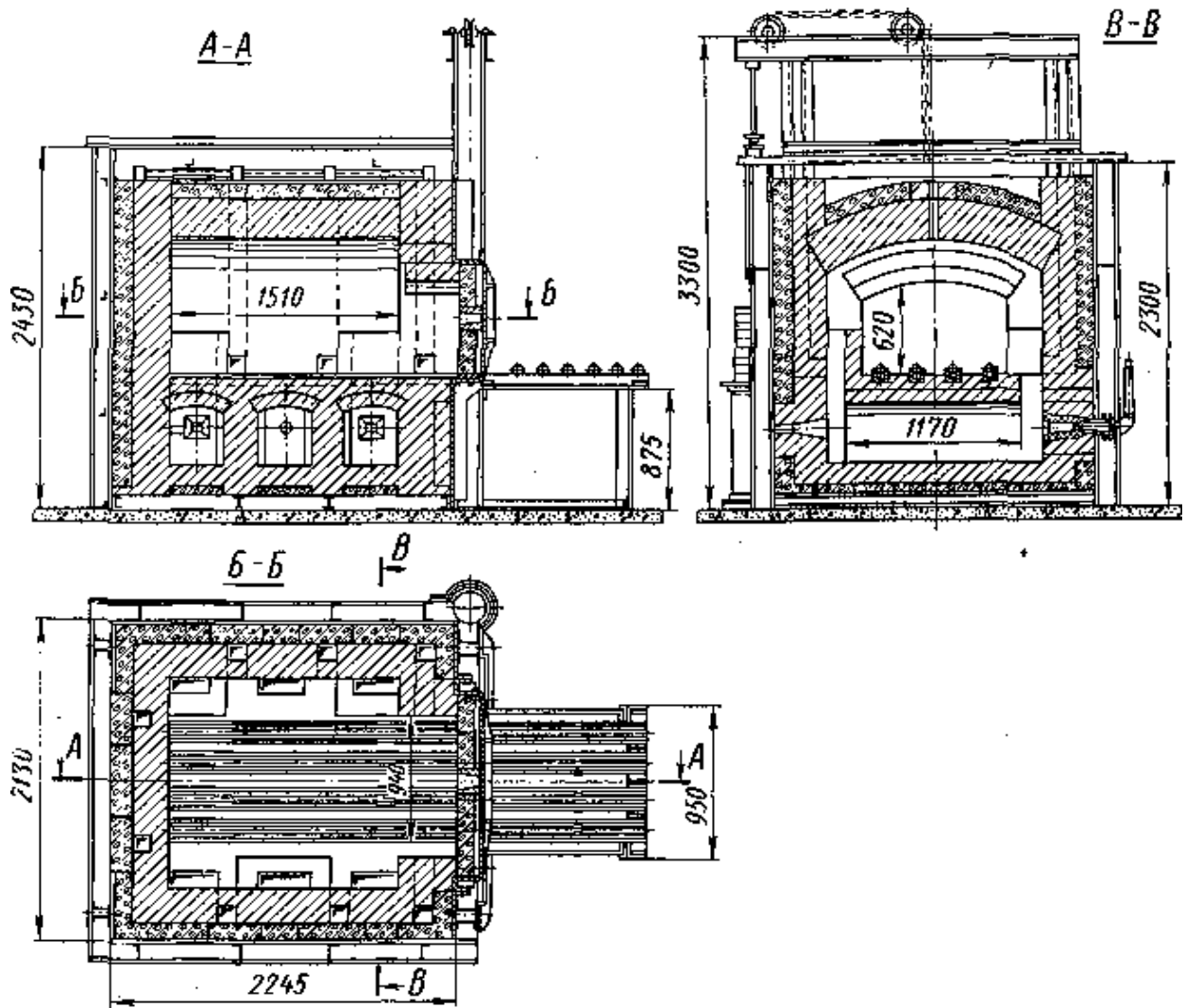


Рисунок 2.2 - Камерна разова піч з кульовим подом

Піч забезпечена тунельними інжекційними пальниками. Наподпечі укладені чотири желобкові направляючі в яких знаходяться кулі з жароміцної сталі, службовці для полегшення пересування піддонів зі штампами або цементацийны ящики. Піддони встановлюють на кулі і зачочують в піч. Продуктивність такої печі при цементації 25 кг. Чи при нагріванні для загартування 150 кг/год.

Необхідність в камерних печах викликана, насамперед, широким їх застосуванням у різних областях промисловості. В камерних печах виробляють нагрів металевих форм і заготовок перед їх подальшою обробкою, мова йде про кування або прокатку, декоративних скляних і металевих виробів для

художнього оформлення, і так само для випалу глиняних, керамічних і остаточної термообробки емальованих предметів і виробів.

Відмінності газових камерних печей залежать від оброблюваних ними виробів. При обробці металу застосовується більш важка і міцна конструкція, що перешкоджає деформації та механічних пошкоджень при частих завантаженнях і розвантаженнях важких оброблюваних виробів. Також конструкція печі дозволяє уникнути термічного удару, і так само швидко відновити температуру всередині неї, так як перезавантаження проводиться при працюючій камері.

Камерні печі для випалювання керамічних або скляних предметів обладнають більш легкими конструкціями. Для виробництва таких печей застосовуються легковагі матеріали, так як процес випалу проходить у більш м'якому термічному режимі, а садка перезавантажується при відносно низьких температурах.

Для ведення економічно вигідного виробництва, в залежності від потреб в промисловості застосовують печі різного об'єму робочої камери від $0,25\text{м}^3$ до $5,25\text{м}^3$. При підвищених обсягах виробництва застосовуються печі до 10 м^3 .

Камерні печі ще більших розмірів призначені для відпалу і нормалізації деталей. Такі печі часто конструюють з висувним подом. Виливки або поковки завантажують так, щоб більш важкі знаходилися внизу, а більш легкі, щоб уникнути жолоблення, зверху. Деталі укладають на под з урахуванням найбільш вигіднонь циркуляції пічних газів. Под печі являє собою футерований висувний візок на колесах з роликівими підшипниками, що пересувається по рейках за допомогою троса, пов'язаного з електродвигуном.

Характерна відмінність більшості таких печей від камерних печей розглянутих вище полягає в тому, що внаслідок своєї конструкції топка не може бути влаштована під подом, таким чином, под знизу не обігрівається.

Печі працюють на мазуті, газі і іноді з використанням електроенергії. Згоряння палива в цих печах відбувається в робочій камері. Для кращого

нагріву деталей форсунки або пальника розташовують вище рівня поду, деталі нагріваються в результаті променеспускання стінок і склепіння, печі, а також конвекції гарячих газів. Нагрівання садки, розташованої безпосередньо на поду печі, відстає від нагрівання її верхніх рядів.

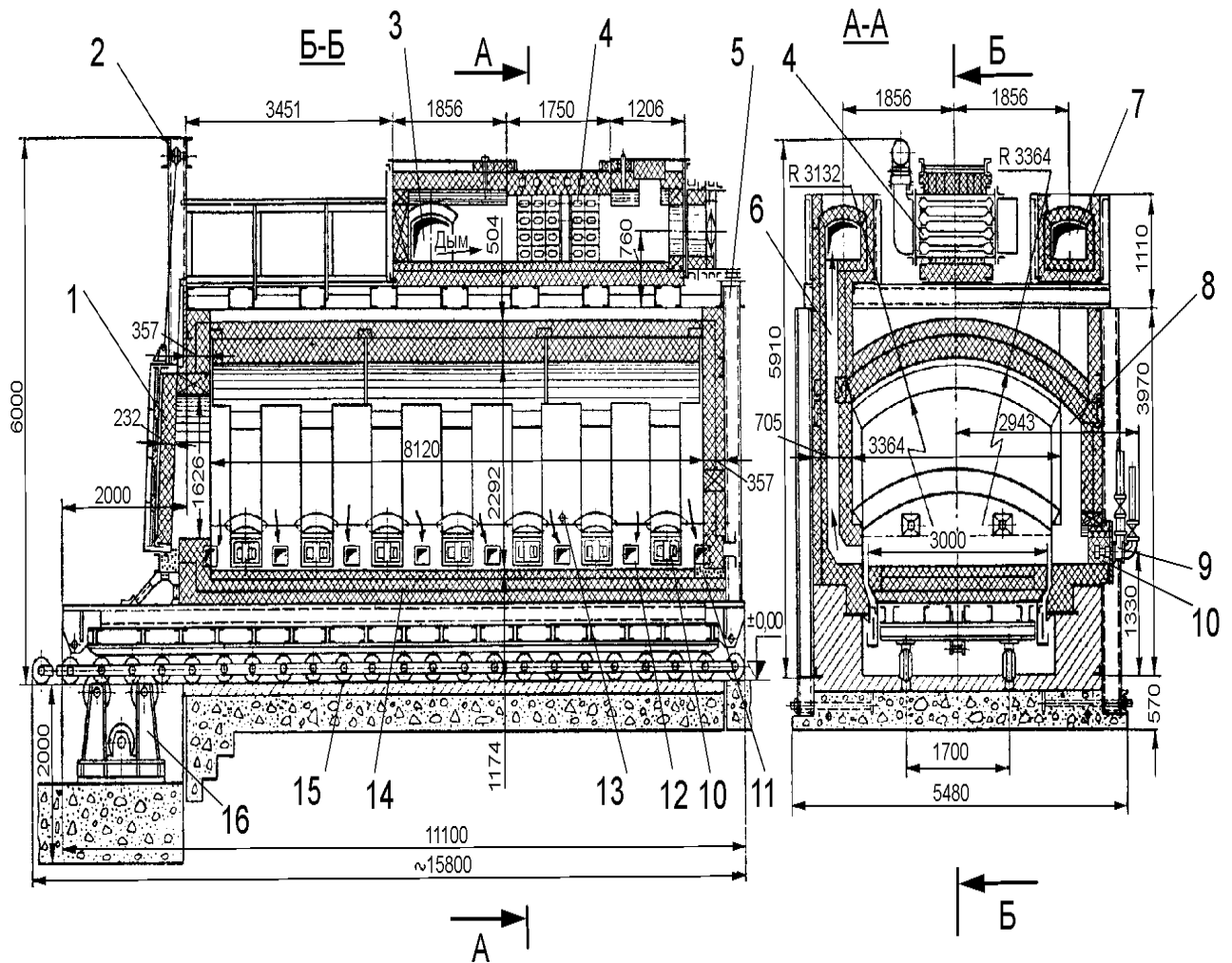
Піч з викатним подом - піч, в якій завантаження і вивантаження металу виробляються цеховим краном на подину, викочує щодо стін і склепіння печі. Цю піч використовують в тих випадках, коли маса садки велика і має складну "архітектуру", наприклад, садка розташовується в кілька шарів.

Приклад печі з викатним подом приведений на рисунку 2.3. Піч працює таким чином. У розігрітій порожній печі піднімається заслонка і подина, спираючись на катки, викочується на майданчик перед піччю. Часто замість ковзаник використовують колеса, що прикріплюються до рами подини і рухомі по спеціально покладеним рейках.

За допомогою підйомного крана на викачаний подину укладається садка металу в певному порядку. У цей час пальника не працюють, а стіни і звід інтенсивно віддають теплоту випромінюванням на те місце, де щойно стояла подина. Тому місце під подини має бути теплоізолювані. Після завантаження всієї садки подина вкочується назад, заслінка закривається і включаються пальника. Пальники розташовуються в нижній частині бічних стін). Часто пальника розташовуються в два ряди і спалювання палива практикується в форкамеру.

У даному прикладі пальникові камені підібрані таким чином, що вони створюють факел під деяким кутом до стіни для забезпечення інтенсивної циркуляції диму і максимальної рівномірності нагрівання садки. Продукти горіння видаляються з робочого простору через димові вікна в бокових стінках. У даному прикладі 16 каналів, по 8 у кожній стінці. Дим проходить по підйомним димових каналів і надходить у збірні канали, розташовувані уздовж стін печі над склепінням. Зі збірних каналів дим надходить у загальний канал, в якому знаходиться рекуператор для підігріву повітря. Охолоджений в

рекуператорі дим направляється в димар і викидається без очищення в атмосферу.



1 - заслінка; 2 - механізм підйому заслінки; 3 - димовий канал для з'єднання збірних каналів; 4 - рекуператор; 5 - металевий каркас; 6 - підйомний димовий канал; 7 - збірні канали, розташовувані уздовж стін над склепінням; 8 - робочий простір печі; 9 - пальника; 10 - пальниковий камінь; 11 - пісочний затвор; 12 - димові вікна; 13 - отвір для термопар; 14 - подина; 15 - ролики (катки, колеса); 16 - механізм переміщення подини.

Рисунок 2.3 – Камерна піч з викатним подом

Технологічний процес контролюється термopарамп, що вставляються через спеціально передбачені отвори в стінах. Число оглядових і робочих вікон обмежена одним, закритим в нормальному стані заслінкою.

Газощільність печі забезпечується системою пісочних затворів, які встановлені між подини і всіма стінами, а також між подиною і заслінкою.

Застосування камерних печей з викатним подом дозволяє зробити процес випалювання або інший вид термообробки більш ефективним. Основна перевага такого устаткування це комфортний процес завантаження або розвантаження печі, що істотно знижує фізичні зусилля обслуговуючого персоналу. Розвантаження самого пода поза печі дозволяє застосувати вантажопідйомне обладнання. Швидкість перезавантаження печі різко зростає, що веде за собою зниження енерговитрат. Крім цього з'являється можливість використання декількох висувних подів. При обробці однієї партії виробів в печі, інша завантажується на додаткової викатки под. Всі переваги використання печі з викатним подом дозволяють отримати економічний ефект від економії палива до 20-25%, а продуктивність підвищується в 1.8-2.4 рази.

2.2 Характеристика термічної печі у прокатному цеху ПАТ «Дніпроспецсталь»

Для отпуску та отжигу металу в прокатному цеху використовуються п'ять термічних печей з викатним подом.

Термічна піч являє собою камеру шириною 3596 мм і довжиною 8000 мм. Завантаження і вивантаження металу проводиться краном на подину, яку викочують щодо стін і своду печі, площею 28 м². В якості палива використовується доменно-природний газ калорійністю +1600 ккал/м³. Паливо спалюється в 8 пальниках типу "труба в трубі". Пальники розташовані нижче рівня поду навпроти один одного по 4 пальники з кожного боку. Продукти

горіння видаляються з печі через шість вікон, розташованих нижче рівня поду в середині і по кінцях робочого простору печі, далі через вертикальні канали продукти горіння спрямовуються вниз в загальні димові канали під піччю, а потім в димову трубу, розташовану поруч з піччю. Повітря на горіння подається вентилятором високого тиску.

Піч обладнана системою контролю і регулювання технологічних параметрів:

- контроль температури в робочому просторі печі;
- контроль витрати газу на піч;
- контроль витрати повітря на піч;
- контроль тиску в робочому просторі печі;
- контроль тиску газу;
- дистанційне регулювання температури в робочому просторі печі;
- дистанційне регулювання тиску в робочому просторі печі;
- дистанційне регулювання співвідношення "газ-повітря";
- сигналізація наявності напруги в схемі сигналізації;
- сигналізація падіння тиску газу, падіння тиску повітря;
- відсічення газу при виникненні аварійних ситуацій.

Загальні технічні характеристики печі наведені у таблиці 2.1, а експлуатаційні показники роботи печі - у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Загальні технічні характеристики печі

№ з/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Показники
1	2	3	4
1.	Призначення печі	-	Термообробка
2.	Корисна площа печі	м ²	28
3.	Продуктивність печі	т/год	2-6

Продовження таблиці 2.1

1	2		3	4
4.	Теплова потужність		млн.ккал/цикл	30-40
5.	Паливо		-	природний газ
6.	Вироби, що нагріваються	Роз-міри	Довжина	мм
			переріза	мм
7.		Вага заготовок	кг	1300 – 3900 130 - 285 120 - 1000
8.	Сталь, що нагрівається		-	інструментальні, шарикопідшипниковий, нержавіючі
9.	Вага садки (по проекту)		т	60
10.	Температура	При посаді	°С	20 - 400
11.	нагріву металу	При видачі	°С	600 - 900
12.	Спосіб нагріву		-	відкритий нагрів продуктами горіння
13.	Тип пічного транспорту		-	Викатний под
14.	Тривалість витримки		год	10-36

Таблиця 2.2 - Експлуатаційні показники роботи печі

№ з/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Показники
1	2	3	4
1.	Продуктивність печі	т/год	6,08
2.	Питома продуктивність печі	кг/м ² год	2171
3.	Витрата матеріального палива (середньогодинна)	нм ³ /год	2000

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
4.	Витрата тепла	10 ⁶ ккал/год	39,3
5.	Питома витрата тепла	ккал/кг	646
6.	Питома витрата умовного палива	кг у.т./т	96
7.	Тепловий ККД печі	%	17,90
8.	Коефіцієнт використання палива (КВТ)	%	32,50
9.	Чад металу в печі	%	2,0

Для скорочення витрати палива можна рекомендувати наступне:

- вдосконалення системи опалення для інтенсифікації циркуляції диму, швидкого і рівномірного нагріву металу. Тут мається на увазі використання спеціальних форкамер, пальників, повітряних сопел, а також їх кількість і розташування;
- в період викочування подини закриття оголеного подподового простору екраном у вигляді відбивної плівки, що чіпляється до заднього торця подини;
- поділ функцій нагріву і витримки між різними печами з пересадкою садки з однієї печі в іншу по ходу процесу, щоб печі працювали при постійній потужності;
- використання волокнистих теплоізоляційних матеріалів в кладці печі;
- використання регенеративних пальників з кульковою насадкою;
- використання кількісної оцінки енергоефективності камерних печей з вкатним подом.
- застосування імпульсної системи опалення нагрівальної печі камерного типу.

2.3 Використання кількісної оцінки енергоефективності камерних печей з викатним подом

Для вирішення завдань енергоефективності нагрівальних газових печей необхідно знати відносний розподіл температурного поля в камері і мати можливість визначати зони з різною щільністю теплової енергії. Цю інформацію можна отримати за допомогою математичної моделі [6], яка містить в явному вигляді, як енергетичні характеристики, так і конструктивні параметри об'єкта.

Для математичної моделі вихідними даними є: режими термообробки в камерній печі з викатним подом - відпал, відпуск і загартування; розміри заготовок нагрівального металу - довжина, ширина, і товщина; маса і якість останнього; вид палива - природний газ з теплотою згорання.

Розподіл температури розраховується за допомогою чисельного методу і при використанні відомої інженерної методики. Остання дозволила врахувати різні варіанти способів опалення та зміну аеродинамічних параметрів печі (розмірів і місця розположення в ній витяжних вікон).

Розрахунки йдуть в наступній послідовності: теплообмін в робочому просторі печі в період її розігріву; нагрів металу; теплообмін в робочому просторі печі в період охолодження; охолодження металу; складання теплового балансу періодів нагріву і витримки.

Для камерних печей особливістю розрахунку теплообміну випромінюванням є те, що кладка в них не є адіабатною, а поглинає або віддає тепло. Вона остигає під час завантаження і при посадці холодного металу, тому в перший період нагріву є істотним споживачем тепла і по температурі сильно

відрізняється від адіабатною до тих пір, поки з плином часу кладка не прогрівається.

2.4 Застосування імпульсної системи опалення

На ПАТ « Дніпроспецсталь » великогабаритні листові злитки якісних сталей, отримані методом електрошлакової переплавки, піддають відпалу в рециркуляційних печах з висувним подом по складних багатоступеневим температурно-часовим режимам [7]. У печах здійснюють односторонній обертальний рух потоків продуктів горіння навколо садки злитків по довжині робочого об'єму

У зв'язку з цим пальники типу РНП-3 замінювали розробленими на їх базі пальниками часткового попереднього змішування палива і повітря [8]. Наявність нерівномірності нагріву поковок обумовлено існуючою схемою опалення полум'яної камерної печі. Так, пальники типу РНП забезпечують спалювання палива в факелах, які розміщуються в межах першої половини робочого об'єму печі. На стадії витримки металу в печі зниження витрати палива супроводжується подальшим зменшенням довжини факела, і, як наслідок, зміщенням зони інтенсивного виділення теплоти до гирла пальників, що призводить до нерівномірного розподілу теплових потоків на поверхні металу.

Дослідження теплової роботи камерних печей даного типу з використанням математичного моделювання [9] дозволили встановити, що підвищення рівномірності нагріву металу в період витримки може бути досягнуто при реалізації імпульсної схеми опалення. Однак надійна робота пальників типу РНП, встановлених на даних печах, досягається тільки в

діапазоні регулювання теплової потужності 1: 8 і значеннях коефіцієнта витрати повітря $\alpha = 1,05 \dots 1,15$ [10], що при ступінчастому зміні витрати палива або співвідношення «паливо -повітря» досягти практично неможливо.

Для розширення діапазонів зміни теплової потужності і коефіцієнта витрати повітря розробили ще одну конструкцію пальника часткового попереднього змішування [11].

Пальник, зображений на рисунку 2.4 містить корпус 1 з завихрювачем 2, центральну газову трубу 3 з наконечником 4, в якому виконані отвори 5, а також перегородка 6 з отворами 7 і розсікачі 8. На осі центральної газової труби 3, коаксиально до неї, розміщена внутрішня газова труба 9, вихідна перетин якої розташовано в площині вихідного перетину наконечника 4. Перегородка 6 з отворами 7 виконує поділ потоку газоподібного палива на окремі струмені, поблизу яких утворюються зони розрідження.

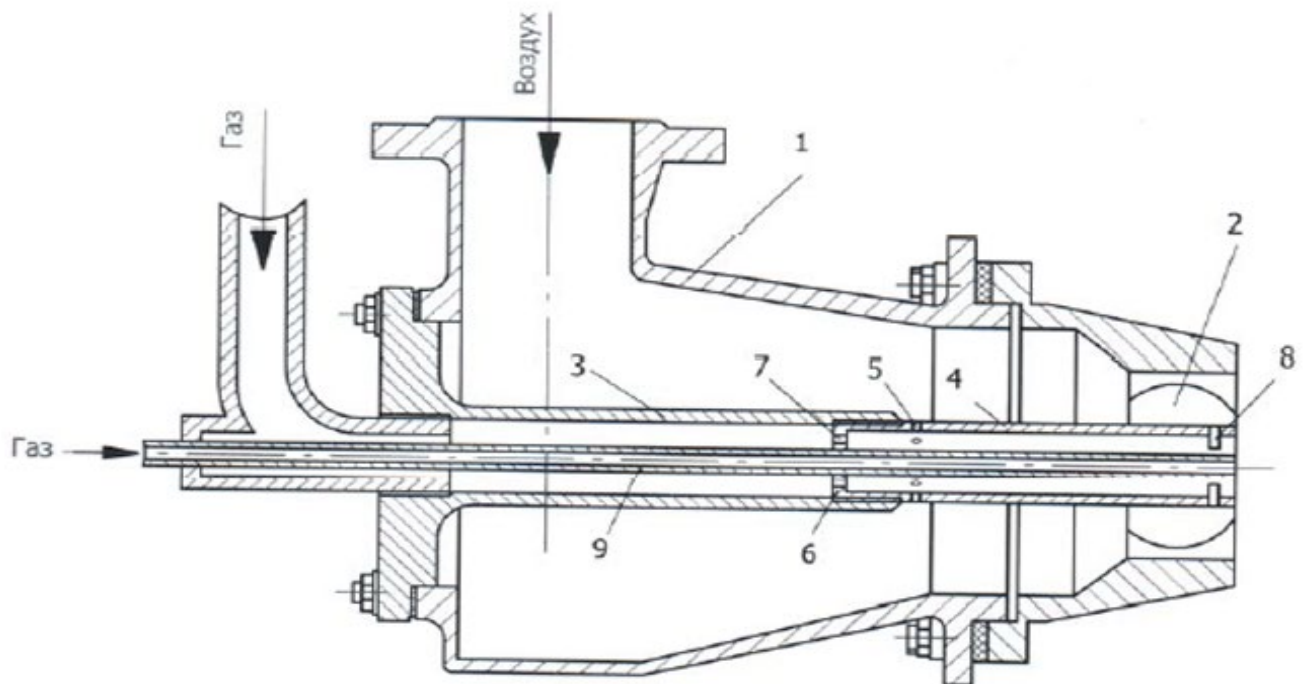


Рисунок 2.4 – Схема пальника часткового попереднього змішування

На вогневому стенді стабільна робота пальників досягається при коефіцієнті витрати повітря в інтервалі 1 ... 4, що свідчить про високу стійкість

їх факелів до відриву полум'я при роботі на малій витраті палива і дозволяє стабільно працювати в умовах використання імпульсної схеми опалення.

Встановлено, що за імпульсної схеми опалення нагрівальної печі досягається більш рівномірний розподіл температури в поковках за рахунок періодичної інтенсифікації теплообмінних процесів по всьому об'єму робочої камери. Наявність пульсуючого факела постійної максимально можливої довжини сприяє підвищенню рівня температури поверхні металу, розташованого в другій по ходу руху продуктів згорання половини робочого об'єму (для поковки II зафіксовано практично дворазове зниження перепаду температури поверхні щодо заданої температури витримки). Також практично відсутній перегрів поверхні поковки, розташованої біля пальників. Отже, результати випробувань імпульсної схеми опалення нагрівальної печі камерного типу відповідають результатам математичного моделювання її теплової роботи [10].

При використанні імпульсної схеми опалення в нагрівальній печі камерного типу досягається підвищення рівня температури металу, розташованого в другій половині її робочого об'єму для періоду витримки, а, отже, і поліпшення якості його нагрівання.

2.5 Керування тепловими потоками просторовим електричним полем

Основним показником роботи нагрівальних печей є їх економічність за умови дотримання вимог до технології обробки матеріалу [12]. Споживання енергії у більшості газових нагрівальних печей вітчизняних підприємств значно перевищує рівень, який досягнуто у промислово розвинених країнах.

В установках, що потребують спрямованої передачі теплоти від продуктів згорання до теплоконтактної поверхні, у разі накладення на зазначену

поверхню електричного потенціалу, тепловий потік щільніше прилягатиме до неї. Це обумовлюється тим, що електризовані частки продуктів згоряння наближатимуться до зазначеної поверхні та створюватимуть біля неї високотемпературну зону, що сприятиме підвищенню швидкості нагрівання. Таким чином, механізм впливу електричного поля на розповсюдження теплового потоку передбачає, що іони та електрони набувають достатньої енергії поступального руху і в процесі непружних зіткнень між собою та з поверхнею нагрівання створюють нові активні центри у вигляді вільних атомів, радикалів, нових заряджених або збуджених часток. Як результат такої взаємодії відбувається інтенсифікація процесу теплообміну.

Існує значна кількість публікацій, присвячених дії електричних полів на процес горіння [13-16], але з точки зору впливу електричних полів на теплові потоки питання залишається відкритим і потребує подальших досліджень в даному напрямку. Тому, виходячи із вищезазначеного, очевидно є необхідність проведення експериментального підтвердження можливості впливу електричного поля, бажано напругою до 1000 В для дотримання вимог з електробезпеки, на тепловий потік.

Той факт, що полум'я володіє електричними властивостями, відомий дуже давно. Однак, тільки в нашому столітті, коли була сформульована молекулярно-кінетична теорія речовини, стало ясно, що електричні властивості пламені обумовлені існуванням в них заряджених частинок - іонів і електронів. Спочатку припускали, що іонізація полум'я має термічну природу, тобто стимульована порівняно високими температурами, розвиваючими при горінні.

Проте, ще в 1909 р. Ф.Габер припустив, що іони в полум'ї утворюються в результаті хімічної іонізації в реакції з участю радикалів C_2 , CH , OH . Вимірювання концентрації іонів в полум'ї різних вуглеводневих палив, проведених в 50-і роки, показали, що залежно від умов горіння і виду палива воно становить 10^{10} - 10^{12} $см^{-3}$, тобто на 4-6 порядків перевищує концентрацію, яка повинна була б спостерігатися при чисто термічному механізмі іонізації.

Передбачалося також, що основним джерелом іонів можуть бути дрібні вуглеродні частинки, що володіють приблизно такою ж роботою виходу, як і графіт (4,35 eV). Але це малоімовірно з трьох причин. По-перше, навіть найбільш розгорнуті пламені характеризуються високим ступенем іонізації. По-друге, в дифузійному пламені максимальна концентрація заряду виявлена в порівняно холодній зоні попереднього змішування, а не в гарячій вершині конуса, де відбувається сажеутворення. Нарешті, Калькот розрахував, що навіть якби весь вуглець в пальному перебував у вигляді частинок розміром 100 \AA , то результуюча концентрація іонів все ще була б на два порядки нижче спостережуваної.

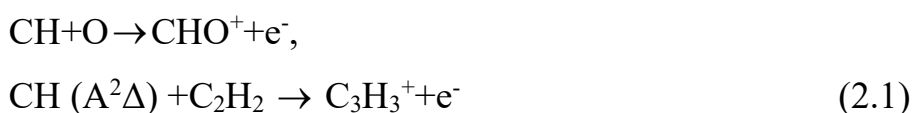
Калькот, аналізуючи роботи різних авторів, присвячені утворенню іонів в полум'ї, наводить характерний графік зміни концентрації іонів по зонах полум'я. Можна вважати встановленим фактом, що максимум іонізації відповідає фронту полум'я, де протікають хімічні процеси, причому концентрація заряджених частинок різко падає по виході в зону продуктів згоряння, хоча в цій зоні і спостерігається максимальна температура. Співвідношення концентрації іонів в цих зонах оцінюють як 1000: 1 [17].

В огляді Х.Калькота, що вийшов в 1957 р, розглянуті різні можливі механізми іоноутворення у полум'ї і доведено, що саме механізм хемоіонізації відповідальний за аномально високу концентрацію іонів в полум'ї. У процесах такого роду частинки зазнають хімічне перегрупування, при якому звільняється кількість енергії, достатньої для іонізації одного з продуктів реакції. Передбачається, що у випадку пламені такий процес йде як побічна реакція між частинками, що бере участь в основній реакції горіння. Є досить велика кількість можливих з енергетичної точки зору реакцій, в яких беруть участь дві частинки в основному стані або одна в основному, а інша - у збудженому стані. Тому передбачається, що хемоіонізація, незалежно від того, супроводжується вона утворенням збуджених часток чи ні, є найбільш вірогідним джерелом іонізації пламені.

Багато які експерименти з електростатичними зондами показують, що в деяких пламенах існують підвищені електронні температури. Так, наприклад, у недавній роботі Бредлі і Меттьюс, в якій використовувалися подвійні зонди при знижених тисках, були виявлені температури до 30000 К. У зв'язку з тим, що електрони, що володіють енергією, яка трохи перевищує потенціал іонізації можуть легко іонізувати атоми і молекули, Енгель і Козенс припустили, що ці електрони є джерелом іонізації в пламені, де виявлені підвищені електронні температури. Дійсно, немає сумнівів у тому, що електрони при температурах порядку 30000 К викличуть іонізацію з великими швидкостями. В цих пламенах відбувається не тільки хемоіонізація, але й утворюється значна кількість іонів O_2^+ , які можуть виникати у присутності електронів при підвищених температурах. Передбачається, що останні з'являються у результаті взаємодії зі збудженими молекулами CO_2 , які в свою чергу утворюють при рекомбінації молекул окису вуглецю з атомарним киснем.

Проте підвищені електронні температури були виявлені не у всіх пламенах з підвищеним ступенем іонізації. Більш того, при зміні швидкості іоноутворення були отримані плоскі плато, відповідні току насичення, при атмосферному тиску в широкому інтервалі прикладених напружень. При цьому напруженість поля в зоні горіння мала порядок kV / cm і, таким чином, була достатня для значного підвищення електронної температури. Це приводить до висновку, що в різних пламенах можуть відігравати важливу роль різні механізми.

Нині експериментальні дані показують, що найбільш імовірним механізмом є хемоіонізація, причому передбачається, що можуть протікати тільки екзотермічні або слабо ендотермічні реакції. Були запропоновані два механізми, сприятливі з термохімічної точки зору:



Зацікавленість електрофізичними аспектами горіння почав швидко зростати з кінця 50-х років, коли стало ясно, що традиційні методи контролю та управління процесом горіння значною мірою вичерпали себе. Нова експериментальна база дозволила порівняно швидко отримати ряд даних, що проливають світло на процеси іоноутворення в пламені, однак, питання щодо ролі заряджених частинок в процесі горіння залишається поки відкритим.

Експериментально встановлено, що в полум'ї існує поділ зарядів [18,13], причому позитивний об'ємний заряд зосереджений в реакційній зоні (у фронті полум'я), а негативний - в передпламенній зоні, яку надалі будемо називати областю підготовки [19]. Передбачається, що поділ зарядів обумовлено амбіполярною дифузією [20]. Носіями негативного заряду в полум'ї є електрони і негативні іони.

Стаціонарне гомогенне полум'я являє собою систему, що володіє в цілому нейтральним зарядом. Проте в самому ламінарному полум'ї заряджені частинки розподілені нерівномірно: зона реакції і зовнішній конус характеризуються переважно позитивним зарядом, а внутрішній конус - переважно негативним. Такий поділ різнойменних зарядів викликано різною рухливістю позитивних іонів і негативних частинок - електронів і побічно підтверджує, що джерелом заряджених частинок є хімічна реакція, що розвивається у фронті полум'я. Утворивши в результаті хімічної реакції позитивні іони через малу їх рухливість створюють переважно позитивний заряд в місці свого виникнення, тоді коли більш рухливі електрони, отримані в результаті тієї ж реакції, швидко залишають фронт полум'я і утворюють переважно негативний заряд у внутрішньому конусі [21].

Наявність в пламені заряджених частинок в досить високих (у порівнянні з рівноважною) концентраціях закономірно призводить до висновку про можливість впливу на процес горіння в цілому через локальну дію на електрзаряджену компоненту, присутню в полум'ї. В принципі, такий електрофізичний вплив може бути здійснено двома шляхами: накладенням на

полум'я електричних, магнітних або комбінованих полів, і введення в полум'я заряджених частинок ззовні.

Вперше широке вивчення впливу на горіння електричних полів зроблено в роботах А.Е.Маліновського зі співробітниками в 30-і роки ХХ століття. Ними було виявлено зміну швидкості горіння і швидкості поширення полум'я в поздовжніх і поперечних електричних полях, причому залежно від схеми накладення поля спостерігалось як зменшення, так і збільшення цих параметрів. У деяких випадках швидкість горіння збільшилася до десяти разів, показана залежність ефекту впливу поля від тиску і частоти прикладеної зовнішньої напруги, можливість гасіння полум'ям електричним полем.

Зазвичай при вивченні впливу електричного поля на процеси горіння для оцінки ступеня цього впливу застосовувався диференційний метод, тобто визначається зміна будь-яких характеристик горіння в залежності від напруженості прикладеного поля, віднесене до величини цих параметрів за відсутності поля.

В якості таких характеристик горіння найбільш часто використовуються наступні: нормальна швидкість горіння і швидкість поширення полум'я, межі стабілізації і критичні витрати зриву, температура і ентальпія полум'я, концентрація збуджених часток, іонів і радикалів, склад продуктів горіння та інші.

Майже у всіх роботах [17,22,23] констатується сильний вплив електричного поля на досліджувані характеристики горіння, причому ступінь цього впливу залежать від концентрації палива у горючої суміші, досягаючи максимуму в тому випадку, коли реалізується дифузійне горіння.

Істотний вплив на спостережувані ефекти надає напрямок поля щодо напрямку лінії струму полум'я (зазвичай говорять про подовжнє і поперечне електричні поля), а також полярність електродів, між якими створюється поле. Останнє обумовлено тим, що рухливість носіїв заряду протилежних знаків у полум'я в різних умовах може сильно відрізнятись.

Зміна характеристик процесу горіння у електричному полі можуть бути пояснені наступними причинами:

- «іонний вітер», тобто виникнення при включенні поля спрямованого руху іонів і захоплюваними ними нейтральних частинок уздовж силових ліній поля. Іонний вітер, таким чином, змінює режим течії газу, у результаті чого можуть змінитися форма і швидкість поширення полум'я, а також масова швидкість горіння;

- перетворення у об'ємі полум'я енергії електричного поля у теплову, у результаті чого підвищується температура і, відповідно до закону

Арреніуса, $k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$, збільшується швидкість хімічних реакцій;

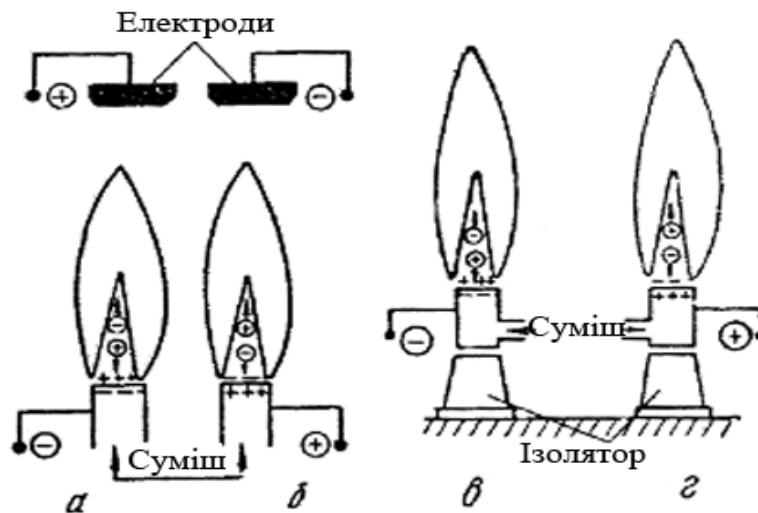
- прямий вплив електричного поля на швидкість хімічних реакцій, наприклад, внаслідок поляризації реагуючих часток і їх активації, що здійснюється за допомогою зіткнень з електронами, які у полі набувають деяку додаткову енергію.

Що стосується поляризації часток у електричному полі, то цей процес у якійсь мірі безсумнівно існує, тим більше що частки в полум'ї здебільшого являє собою полярні молекули і радикали. З точки зору розвитку хімічної реакції поляризація реагуючих частинок є фактором, сприятливим хімічному впливу стикання частинок.

Мабуть, на процес поширення полум'я електричне поле впливає одночасно як за допомогою іонного вітру і перетворенням енергії електричного поля у теплову енергію, так і прямим впливом на кінетику хімічних реакцій, хоча визначальний вплив при відповідній напруженості поля і його напрямку може надавати один з названих процесів. При зміні напруженості і напрямку поля може виявитися, що починає переважати інший процес.

На жаль, теорія цього питання відсутня, оскільки реальна структура полум'я поки невідома, немає даних про електричні, магнітні і енергетичні константи частинок, що знаходяться у полум'ї, а також про елементарні процеси, що відбуваються, не кажучи вже про таку складну суперпозиції полів, як електричне, температурне і концентраційне.

Розглянемо варіанти накладення електричного поля та електричного заряду на палик з можливою зміною їх напрямку та знака заряду. На рисунку 2.5 представлені чотири варіанти накладення поля і заряду.



а – варіант, у якому поле створюється між негативно зарядженим пальником і позитивним електродом; б – варіант, у якому полум'я поширюється від позитивно зарядженого пальника до негативного електроду; в – варіант, у якому поле створюється між негативно зарядженим пальником і позитивним електродом; відсутній другий електрод та електричний заряд накладається на пальник; г - - варіант, у якому полум'я поширюється від позитивно зарядженого пальника до негативного електроду; відсутній другий електрод та електричний заряд накладається на пальник

Рисунок 2.5 - Чотири варіанти накладання поля і заряду

На рисунку 2.5 у варіанті а поле створюється між негативно зарядженим пальником і позитивним електродом, встановленим в "хвості" полум'я. Таким чином організовується рух позитивних іонів до пальника вниз і електронів вгору.

У варіанті б (рисунок 2.5) полум'я поширюється від позитивно зарядженого пальника до негативного електроду. У цьому випадку до пальника спрямовується потік електронів, а позитивні іони отримують додаткову кількість руху по ходу потоку.

Варіанти в і г рисунку 2.5 відрізняються відсутністю другого електроду і накладенням електричного заряду на пальник. У варіантах б і г (рисунок 2.5) полум'я гранично чітко розглядається як індивідуальна система, що містить електрично заряджені частинки і здатна до викривлення у своїй структурі під дією слабкого електричного поля.

У варіанті в пальник має негативний заряд, отже, позитивні іони з об'єму полум'я будуть прагнути до пальника; у варіанті г рисунку 2.5 повинна спостерігатися зворотна картина: до позитивно зарядженого пальнику з полум'я прямуватиме потік електронів.

Експерименти, поставлені за схемами в і г рисунку 2.5, цікаві тим, що, по-перше, виключається можливий вплив на кінетику хімічних реакцій теплового ефекту, одержуваного в результаті перетворення енергії електричного поля при проходженні струму через полум'я в теплову; по-друге, змінюючи знак електричного заряду на пальнику, можна диференційовано і більш чітко виявити вплив іонного вітру на процес поширення полум'я.

Отже, створюються передумови для визначення впливу наявних у полум'ї заряджених часток на кінетику хімічних реакцій, оскільки підвищення температури полум'я за рахунок перетворення електричної енергії в теплову виключено, а вплив іонного вітру можна врахувати, змінюючи знак електричного заряду на єдиному електроді-пальнику.

Відомо, що нормальна швидкість U_n є характеристикою процесу горіння і визначається кінетикою хімічних реакцій і температуропровідністю середовища:

$$U_n \sim \sqrt{\alpha \bar{\omega}}, \quad (2.2)$$

де $\bar{\omega}$ - середня швидкість хімічної реакції;

α - температуропровідність.

З іншого боку, відповідно до постулата Гуї ламінарних гомогенних пламен справедливе співвідношення:

$$S_k = \frac{v}{u_n}, \quad (2.3)$$

де S_k - поверхня фронту полум'я (внутрішнього конуса);

v - витрата горючої суміші.

Таким чином, для суміші даного виду, складеного з конкретного палива і окислювача $U_n = const$, при сталості її витрати v і без зміни зовнішніх енергетичних умов поверхня внутрішнього конуса S_k та його висота h_k - величини постійні при збільшенні швидкості горіння суміші висота h_k і необхідна поверхня внутрішнього конуса S_k будуть зменшуватися. Зменшення S_k спостерігається і при зменшенні витрати суміші постійного складу ($U_n = const$). Отже, зв'язок між параметрами, що характеризують поширення ламінарного гомогенного полум'я, можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} u_n \downarrow \rightarrow \cos \varphi \downarrow \rightarrow \varphi \uparrow \rightarrow h_k \uparrow \rightarrow S_k \uparrow; \\ u_n \uparrow \rightarrow \cos \varphi \uparrow \rightarrow \varphi \downarrow \rightarrow h_k \downarrow \rightarrow S_k \downarrow \end{aligned} \quad (2.4)$$

Іншими словами, при сталості вхідних умов (гідродинамічних, теплових і концентраційних) зменшення або збільшення поверхні фронту горіння відбувається в результаті збільшення або зменшення u_n , тобто відповідно до

співвідношення (2.2) U_n знаходиться в залежності від температуропровідності і швидкості хімічної реакції.

Розглянемо поширення гомогенного полум'я в поздовжньому електричному полі і за наявності одного заряду на пальнику у відповідності зі схемами, з метою індивідуальної оцінки впливу поля за такими характеристиками, як швидкість горіння і межі стійкості полум'я по зриву і проскоку.

У процесі аналізу припустимо, що в кожному випадку вплив електричного поля на поширення полум'я представлено наступними факторами.

Іонний вітер. Механічне збільшення потоком позитивних іонів всієї маси газів до негативного електроду-пальника в разі накладення поздовжнього електричного поля за схемою а, що на рисунку 2.5, повинно спричинити зменшення висоти внутрішнього конуса і поверхні горіння S_k ; і навпаки, при схемі б, коли пальник знаходиться під позитивним потенціалом, слід очікувати збільшення k_h и S_k .

Відповідно до співвідношень (2.3) і (2.4) при сталості вхідних і зовнішніх умов такі зміни h_k і S_k пояснюються тільки зміною U_n , тобто збільшенням або зменшенням нормальній швидкості полум'я.

З точки зору теплової теорії ефект іонного вітру можна пояснити тим, що позитивні іони, тягнучи за собою масу розпечених газів при накладенні поля по рисунку 2.5 а, наближають зону з більш високою температурою до пальника, в результаті чого створюються умови для більш інтенсивного теплообміну між розпеченими продуктами згорання і свіжою горючою сумішшю. Це в свою чергу викликає прискорення реакції і зсув фронту полум'я ближче до пальника, при накладенні поля по рисунку 2.5 б зона з більш високою температурою буде зміщуватися вгору, так як іони захоплять за собою до катода нейтральну масу розпечених газів теплообмін зі свіжою сумішшю в цьому випадку погіршиться, розвиток горіння сповільниться і фронт полум'я збільшить поверхню горіння.

При накладенні заряду на пальник по рисунку 2.5 в і г можливі зміни h_k і S_k , що відбуваються за рахунок електричної взаємодії позитивних іонів з зарядом на пальнику, можуть бути пояснені також, як і вплив поля. Однак ефект зміни S_k виявиться значно слабкіше.

Розглянемо вплив електричного поля і заряду за межею стійкості по зриву і проскоку полум'я, стабілізованого на пальнику, приймаючи за основний механізм впливу іонний вітер. Найпростішим умовою сталого горіння є рівність

$$u_n = \omega_{nom}. \quad (2.5)$$

У випадках, розглянутих на рисунку 2.5 а й в, відповідно до проведеного аналізу впливу поля на швидкість горіння і прийнятої трактуванням іонного вітру, слід очікувати розширення галузі сталого поширення в бік більш високих критичних швидкостей зриву і її звуження за рахунок збільшення критичної швидкості, відповідної проскоку полум'я. Потік позитивних іонів, тягнучи за собою масу розпечених газів, сприятиме стабілізації полум'я на негативно зарядженій пальнику.

У разі позитивного заряду на пальнику на рисунку 2.5 б і г потік позитивних іонів і маса нейтральних розпечених газів будуть прагнути зірвати полум'я з пальника, тобто Область стійкого горіння буде звужуватися за рахунок зменшення критичної швидкості зриву. Разом з тим у цих варіантах область стійкого горіння може розширяться в результаті зменшення критичної швидкості проскока полум'я в пальник.

Якщо розглядати стабілізовану на електролізованому кільці полум'я, піднесений на деяку висоту над пальником (варіант "що висить" полум'я), то накладення поздовжнього електричного поля за схемою на рисунку 2.5 а, повинно викликати стабілізацію полум'я на гирлі пальника під дією іонного вітру. Того ж самого, але при більш високому значенні потенціалу можна очікувати накладення на пальник електричного заряду по рисунку 2.5 в.

Однак при накладенні поздовжнього електричного поля за рисунком 2.5 б і заряду за рисунку 2.5 г стабілізація попередньо зірваного полум'я на позитивно заряджений палик - процес нездійснений, якщо його не пояснювати іонним вітром; навпаки, поле і заряд, якщо слідувати поняттю іонного вітру, повинні сприяти подальшому зриву полум'я.

Гіпотеза про прямий вплив електричного поля на кінетику процесу горіння є логічним наслідком гіпотези Томсона [24] про активну роль іонів і електронів в процесі горіння. Передбачалося, що завдяки електронам і іонам, що виникають у фронті полум'я, гаряча суміш готується до вступу в реакцію, і, отже, заряджені частинки визначають процес поширення полум'я. Для підтвердження своєї гіпотези Д.Томсон поставив експеримент з опромінювання гримучого газу вторинними електронами, які вибиваються рентгенівськими променями з свіжопрокаленої платинової проволочки. В результаті стався вибух воднево-кисневої суміші. І хоча надалі експеримент був визнаний некоректним (реакцію горіння водню, спостережану Томсоном, пояснили каталітичним впливом платини [25]), гіпотеза ця набула прихильників і стала основою для пояснення багатьох ефектів, що виникають при накладенні на полум'я електричного поля.

Так, результати роботи [26], в якій показано, що полум'я метану, ацетилену та етилену в поперечному полі з різницею потенціалів 50 - 1800 В (при межелектродному зазорі 4,85 см) гаснуть, автори пояснюють наступним чином: оскільки заряджені частинки відповідальні за поширення полум'я, будучи передавачами енергії до свіжої суміші, оскільки при накладенні поперечного поля електрони та іони, що народжуються у фронті, будуть видалятися із зони горіння на електроди, в результаті чого їх концентрація зменшиться настільки, що при досягненні критичної напруженості поля горіння припиниться - полум'я гасне.

На користь гіпотези про прямий вплив поля на горіння свідчать результати робіт з вивчення впливу поля на період індукції і температуру самозаймання рідких і газоподібних палив. У них показано, що залежно від

напрямку поля період індукції і температури самозаймання можуть збільшитися або зменшатися в порівнянні з тими ж параметрами, за відсутності поля. Отримані результати автори пояснюють участю негативних іонів в процесі повільного окислення.

Підсумовуючи все вищевикладене, слід вказати, що дві основні точки зору на механізм впливу електричного поля на процес горіння (вплив на газодинаміку процесу або прямий вплив на кінетику реакції) є відображенням двох більш загальних концепцій щодо ролі і місця заряджених частинок в процесі горіння, одна з яких заперечує, а друга передбачає участь заряджених хімічно активних частинок в механізмі окислення і горіння.

Заперечувати істотний вплив масових сил, що виникають в газі при накладенні на полум'я електричного поля, на процес горіння, особливо, коли напруженість поля велика, але локальний пробій у електродів не виникає, очевидно, не можна, тим більше, що в багатьох експериментах поле накладено таким чином, що якого-небудь іншого впливу поля, окрім як через механізм іонного вітру, очікувати важко.

Справа в тому, що в цитованих дослідженнях поле накладається інтегрально на все полум'я, а в цьому випадку в результаті екранування поля зарядженими частинками, наявними в області догорання, напруженість поля в реакційній зоні і в галузі підготовки буде близька до нульової [17]. Очевидно, що таке поле здатне вплинути на кінетику реакцій тільки в зоні догорання, тобто там, де основні процеси в тому числі і за участю іонів практично завершено.

Разом з тим, не менш очевидно, що кінетичний механізм впливу поля здатний вплинути на макроскопічні параметри горіння тільки тоді, коли вдасться створити поле з напруженістю, достатньою для помітного поділу зарядів саме в реакційній зоні і - в світлі останніх досліджень процесу іоноутворення в пламені - в галузі підготовки. При цьому бажано, щоб напруженість поля в зоні догорання була невеликою, тому дозволила б уникнути спотворювання впливу іонного вітру.

Тому, виходячи із вищезазначеного, для реалізації поставленої мети слід вирішити ряд першочергових задач, а саме:

- систематизувати існуючі теоретичні та експериментальні дані щодо механізмів впливу на процес теплообміну газових нагрівальних печей;
- дослідити ефективність використання електричних полів для інтенсифікації процесів теплообміну на фізичній моделі печі;
- розробити відповідні методики такого способу управління тепловими потоками у поєднанні з алгоритмами оптимізації цього процесу, використовуючи в подальших дослідженнях попередні напрацювання і математичні моделі печей [27,28].

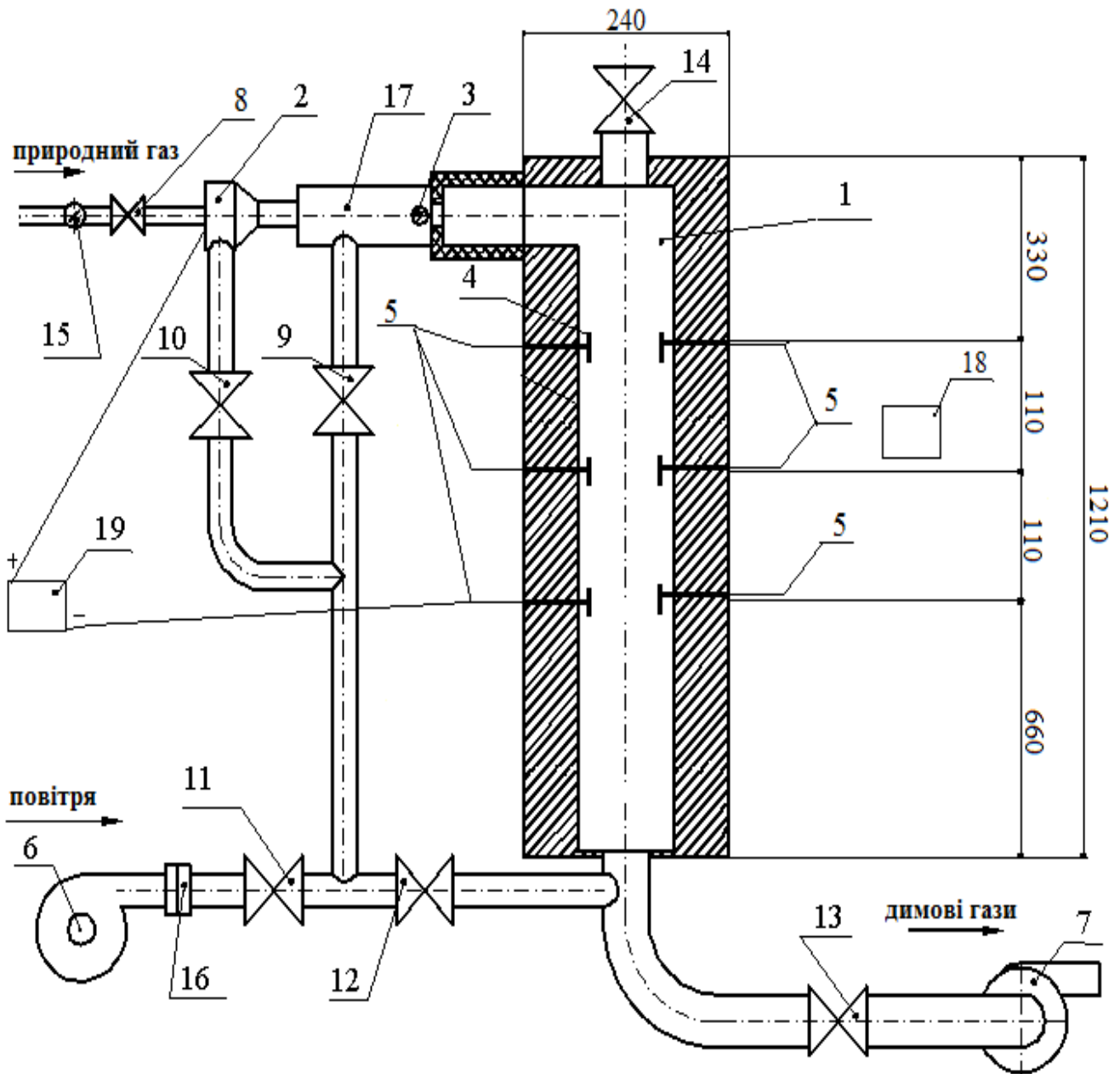
Все це дасть можливість комплексно вирішити головну задачу – підвищити енергоефективність нагрівальних газових печей, одночасно змінюючи не тільки їх конструкцію і аеродинаміку, але й здійснюючи додатковий вплив на тепловий потік просторовими електричними полями.

Для проведення експерименту співробітниками кафедри було розроблено і створено спеціальну пічну установку, принципову схему якої наведено на рисунку 2.6.

Робоча камера печі з внутрішніми розмірами $0,192 \times 0,192 \times 1,1$ м футерована легковаговою вогнетривкою цеглою. В якості палива використовувався природний газ і за допомогою стандартного пальника було досягнуто теплову потужність до 77 кВт.

Витрату природного газу та повітря вимірювали газовим лічильником 15 типу Gallus 2000 G4 та стандартною вимірювальною діафрагмою 16, відповідно.

Електрична частина експериментальної установки дозволяє змінювати робочу постійну напругу заданої полярності, що подається на електроди 5 та пальник 2, в діапазоні 0 – 1000 В.



1 – теплоізольована камера печі; 2 – пальник; 3 – електроіскровий запальник; 4 – досліджувана пластина; 5 – електроди; 6 – повітродувка; 7 – димосос; 8 – 14 – арматура регулювання процесом горіння; 15 – газовий лічильник; 16 – вимірювальна діафрагма; 17 – додаткова камера; 18 – прилад вимірювальний безконтактний; 19 – електрична частина.

Рисунок 2.6 - Принципова схема установки

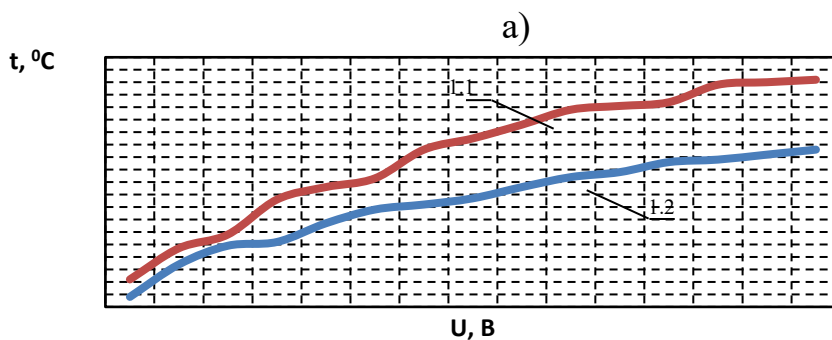
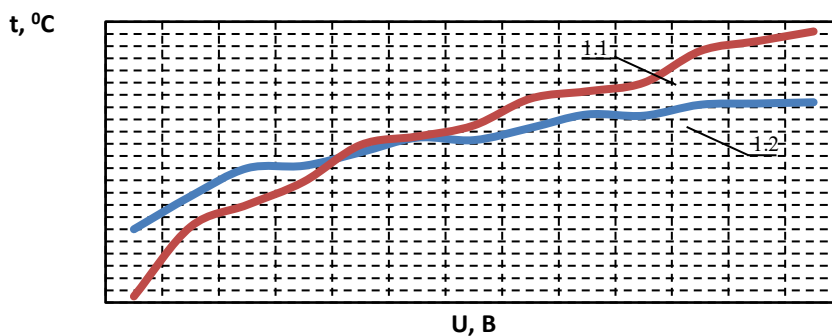
Для уникнення похибок вимірювання, пов'язаних з ефектом наведення напруги на елементи термопар, було обрано безконтактний метод з використанням лазерних пірометрів, що дозволило отримати достовірні значення температури.

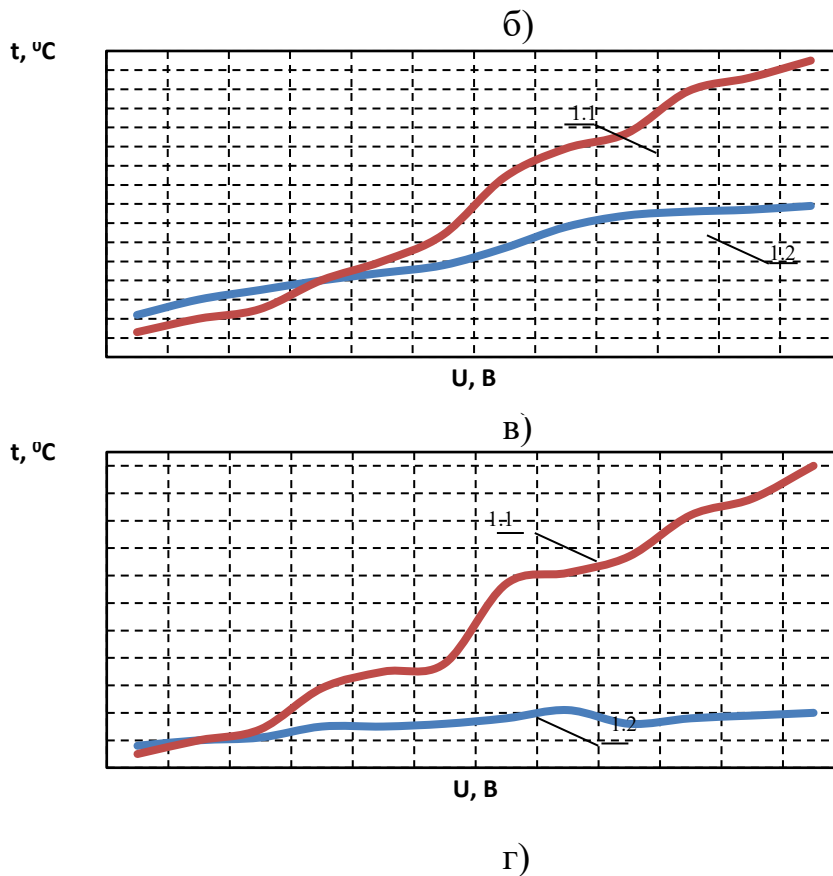
Для усіх дослідів питома витрата природного газу склала $0,04 \text{ м}^3/\text{хв}$.

В результаті було набрано достатню кількість статистичних даних залежності температури пластин, на які подано напругу, від величини та полярності останньої, а також визначено динаміку нагріву в певних точках пічного простору, щоб зробити висновки про можливість та ефективність керування тепловими потоками електричними полями. Результати дослідження представлено на рисунку 2.7.

Як видно з графіків, температури обох пластин зростають, але спостерігається різна динаміка нагріву у відповідності з величиною прикладеного потенціалу.

Зміна полярності має неявно виражений характер, що підтверджує висловлені припущення про те, що кількість позитивно заряджених іонів і негативно - електронів в продуктах горіння практично однакова [29].





де а - верхні пластини на відстані 15 мм від футерування печі; б - верхні пластини на відстані 45 мм від футерування печі; в - нижні пластини на відстані 15 мм від футерування печі; г - нижні пластини на відстані 45 мм від футерування печі

Рисунок 2.7 - Залежність температури пластин від величини напруги

На нижніх пластинах, розташованих ближче до центру печі, спостерігається найбільший ефект. Це пояснюється тим, що за відсутності електричного поля повздовжня швидкість теплового потоку викликана лише аеродинамічною складовою і буде значною у верхній частині пічного простору, а з подальшим проходженням димових газів по камері печі вона зменшується. Під дією потенціалу з'являється поперечна електрична сила, яка залежить від його величини і змушує заряди певного знаку відхилятися від прямолінійної траєкторії. В результаті такого впливу створюється результуючий вектор швидкості теплового потоку, кут якого по відношенню до пластин найбільший саме в нижній частині пічної установки. А, отже, ефект від запропонованого способу керування тут буде максимально можливим.

Також, з графіків видно, що температури протилежних пластин, які знаходяться під нульовим потенціалом, збільшуються. Це обумовлено тим, що частина зарядів зворотного знаку відштовхуються від пластин, на які було подано потенціал, викликаючи розшарування теплового потоку і побічний нагрів. Тому інтерес викликає дослідження можливості направлення теплового потоку, що одночасного складатиметься з іонів та електронів, в заданий простір печі для максимальної інтенсифікації процесу теплообміну.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Визначено, що головним споживачем природного газу у прокатному цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» є камерні печі з викатним подом. Для підвищення їх енергоефективності було розроблено методику визначення оптимальних енергетичних параметрів пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування. Графічно структурна блок-схема системи керування наведена на рисунку 3.1, і включає в себе такі основні блоки як технологічний графік нагріву печі, що задається попередньо, блок порівняння температур та блок визначення оптимальних параметрів.

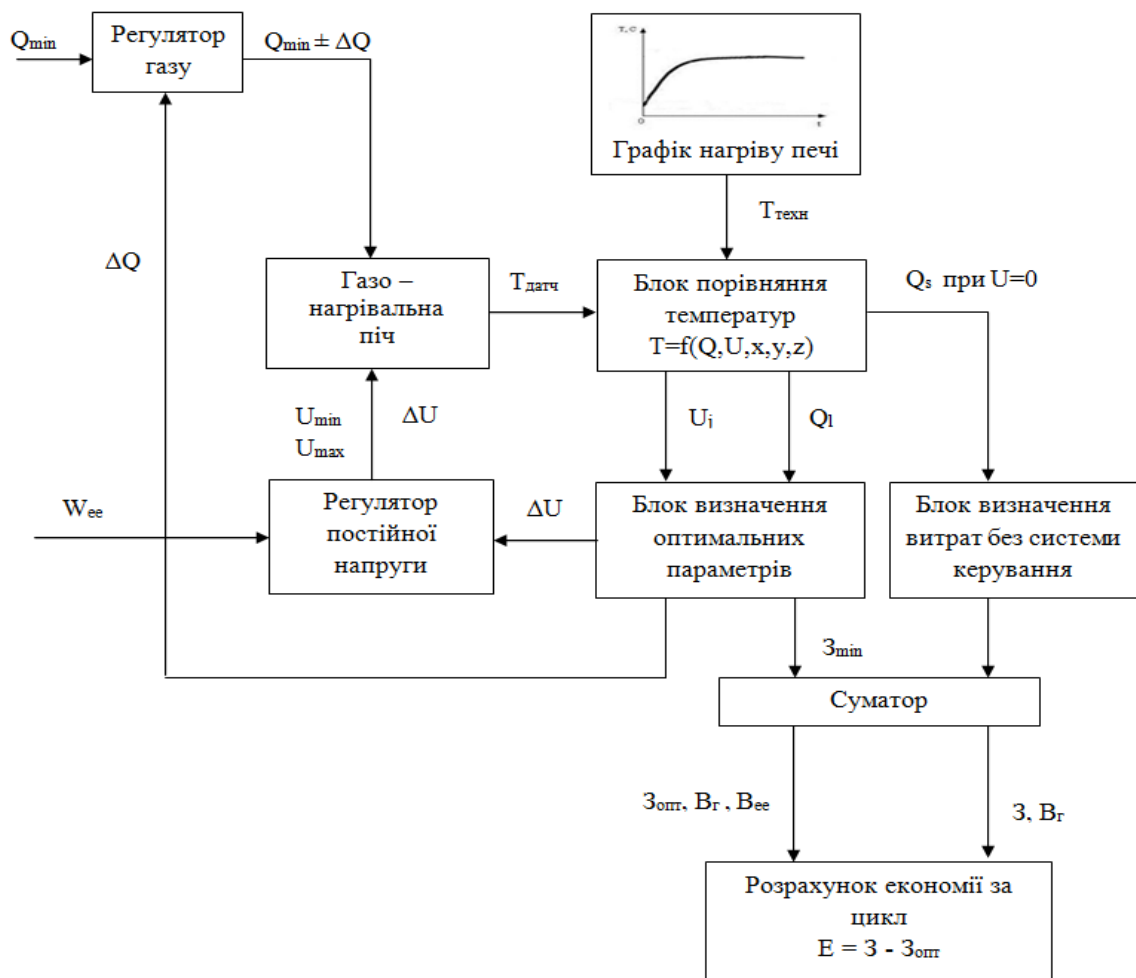


Рисунок 3.1 – Блок-схема системи керування оптимальними енергетичними параметрами пічної нагрівальної установки

На рисунку 3.1 зображені показники:

Q_{min}, Q_{max} - мінімальне та максимальне значення витрати газу, m^3 ;

ΔQ - крок подачі газу, m^3 ;

Q_b, Q_s - поточне значення оптимальної витрати газу та витрати газу без системи керування; $Q_b, Q_s \in Q_{min} \dots Q_{max}, m^3$;

$T_{датч.i}$ - температура нагріву печі у заданій точці, $^{\circ}C$;

$T_{техн.i}$ - температура технологічного нагріву печі у заданій точці, $^{\circ}C$;

U_{min}, U_{max} - мінімальне та максимальне значення подачі напруги;

$U \in 0 \dots 1000$ В;

ΔU – крок зміни напруги, В;

U_j - поточне значення напруги у заданій точці, $U_j \in U_{min} \dots U_{max}, В$;

W_{ee} - кількість споживаної електричної енергії, кВт·год;

B_{ee} - вартість електричної енергії, грн/кВт·год;

B_z - вартість газу, m^3 ;

Z - затрати без системи керування, грн;

Z_{opt} - оптимальні затрати, грн;

$\sum Z, \sum Z_{opt}$ - сумарні затрати, грн;

E - економічність впровадженої системи, грн.

Для функціонування системи керування оптимальними енергетичними параметрами пічної нагрівальної установки необхідно на першому етапі провести планування експерименту з метою досягнення максимальної точності бажано при мінімальній кількості необхідних операцій і збереженні статистичної достовірності результатів. Для розробки матриці дробного факторного експерименту типу 2^5 за відомими методиками було обрано кілька параметрів, які впливають на розподіл температури всередині установки, а саме: Q – витрата газу, m^3 ; U – напруга між електродом та пальником, В; x, y, z – габарити заготовки.

Матрицю планування експерименту температурного режиму газової нагрівальної печі за наявності просторового електричного поля представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця планування експерименту температурного режиму газової нагрівальної печі за наявності просторового електричного поля

№	Коефіцієнти	Q	U	x	y	z
1	b_0	+	-	-	-	-
2	b_1	+	-	-	-	+
3	b_2	+	-	-	+	+
4	b_3	+	-	+	+	+
5	b_4	+	-	+	-	-
6	b_5	+	-	+	-	+
7	b_6	+	-	+	+	-
8	b_7	+	-	-	+	-
9	b_8	+	+	-	+	-
10	b_9	+	+	-	-	-
11	b_{10}	+	+	+	-	-
12	b_{11}	+	+	-	-	+
13	b_{12}	+	+	+	+	-
14	b_{13}	+	+	+	-	+
15	b_{14}	+	+	-	+	+
16	b_{15}	+	+	+	+	+
17	b_{16}	-	-	-	-	-
18	b_{17}	-	-	-	-	+
19	b_{18}	-	-	-	+	+
20	b_{19}	-	-	+	+	+
21	b_{20}	-	-	+	-	-
22	b_{21}	-	-	+	-	+
23	b_{22}	-	-	+	+	-
24	b_{23}	-	-	-	+	-
25	b_{24}	-	+	-	+	-
26	b_{25}	-	+	-	-	-
27	b_{26}	-	+	+	-	-
28	b_{27}	-	+	-	-	+
29	b_{28}	-	+	+	+	-
30	b_{29}	-	+	+	-	+
31	b_{30}	-	+	-	+	+
32	b_{31}	-	+	+	+	+

За результатами проведеного планування експерименту у відповідності зі складеною задля цього матрицею одержана потрібна математична модель виду:

$$\begin{aligned}
 T = f(U, H, h, \alpha) = & b_0 + b_1 U + b_2 Q + b_3 x + b_4 y + b_5 z + b_6 U Q + \\
 & + b_7 (U \cdot x) + b_8 (U \cdot y) + b_9 (U \cdot z) + b_{10} (Q \cdot x) + b_{11} (Q \cdot y) + b_{12} (Q \cdot z) + \\
 & + b_{13} (x \cdot y) + b_{14} (x \cdot z) + b_{15} (y \cdot z) + b_{16} (U \cdot Q \cdot x) + b_{17} (U \cdot Q \cdot y) + \quad (3.1) \\
 & + b_{18} (U \cdot Q \cdot z) + b_{19} (U \cdot x \cdot y) + b_{20} (U \cdot x \cdot z) + b_{21} (U \cdot y \cdot z) + b_{22} (Q \cdot x \cdot y) + \\
 & + b_{23} (Q \cdot x \cdot z) + b_{24} (Q \cdot y \cdot z) + b_{25} (x \cdot y \cdot z) + b_{26} (U \cdot Q \cdot x \cdot y) + b_{27} (U \cdot Q \cdot x \cdot z) + \\
 & + b_{28} (U \cdot Q \cdot y \cdot z) + b_{29} (U \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{30} (Q \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{31} (U \cdot Q \cdot x \cdot y \cdot z);
 \end{aligned}$$

де T – температура нагріву печі, °C;

Q – витрата газу, м³;

U – напруга між електродом та пальником, В;

x, y, z – координати заготовки;

$b_0 \dots b_{31}$ – коефіцієнти моделі.

Опис блок – схеми. Визначаються коефіцієнти моделі, задається технологічний графік нагріву печі, подається газ, у блоці порівняння температур температура на датчику порівнюється з технологічною температурою на даному проміжку часу.

Якщо температура недостатня, то ми подаємо напругу у діапазоні 0...1000 В, крок подачі напруги регулюється, як і крок подачі газу, якщо задля досягнення потрібної температури напруга (у діапазоні 0...1000В) є недостатньою, то система додає природний газ.

У блоці визначення оптимальних параметрів визначаються оптимальні Q та U методом повного перебору шляхом послідовної підстановки всіх можливих їх значень в поліном з урахуванням відповідних обмежень. З масиву даних за економічним критерієм обираються їх оптимальні значення, при яких витрати будуть мінімальними.

Розраховуються економічні витрати даної системи керування оптимальними параметрами на ресурси.

Знаходяться витрати за весь цикл роботи печі з установленою системою керування оптимальними параметрами, та порівнюються з витратами за весь цикл роботи печі без неї, розраховується економічність системи керування.

$$E = Z - Z_{opt}, \quad (3.2)$$

де E - економічність впровадженої системи;

Z - затрати без системи керування;

Z_{opt} - оптимальні затрати.

На основі блок-схеми розроблено відповідний математичний апарат для визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання металу та представлено його у вигляді алгоритму на рисунках 3.2 – 3.4.

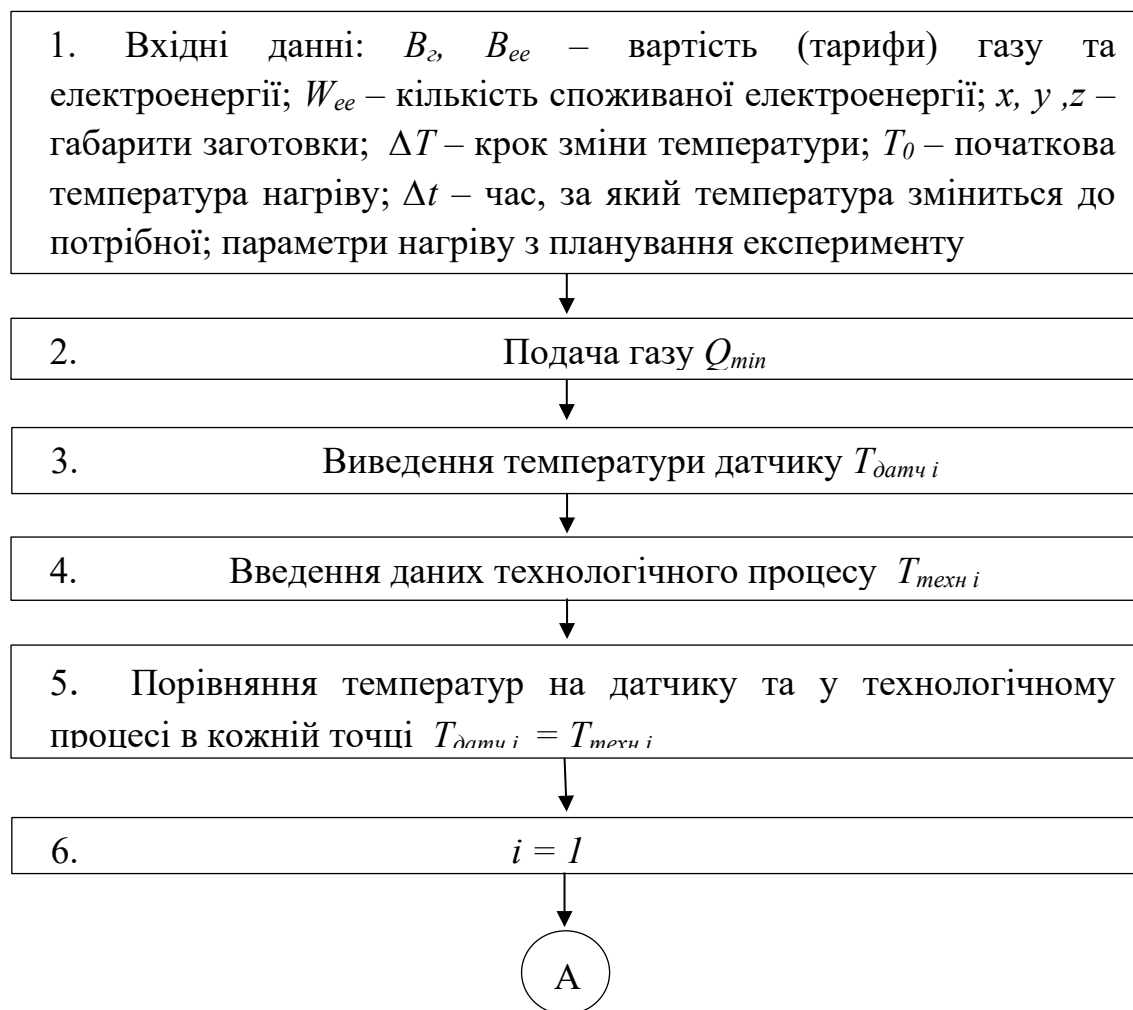


Рисунок 3.2 – Алгоритм визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання

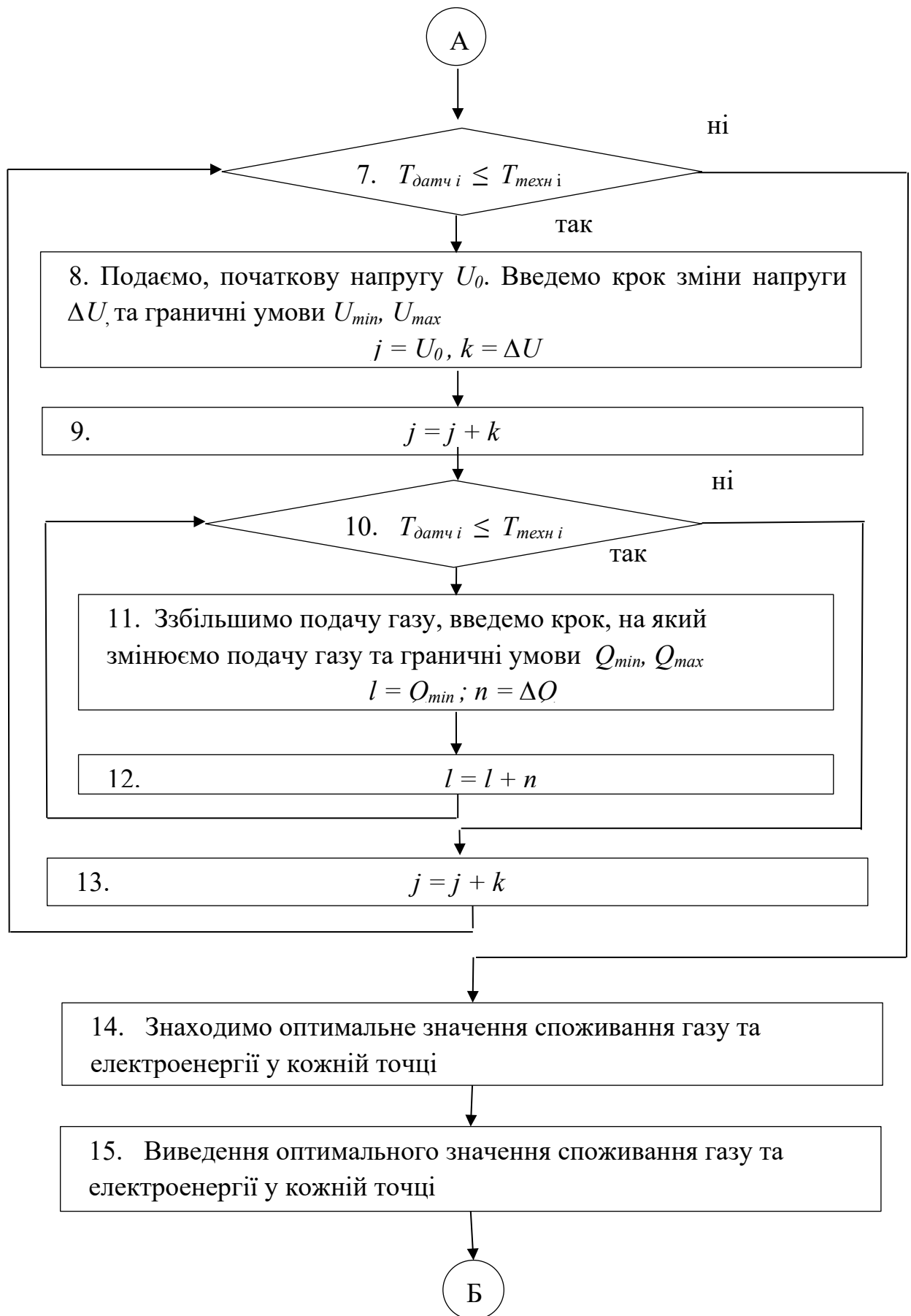


Рисунок 3.3 –Алгоритм визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання

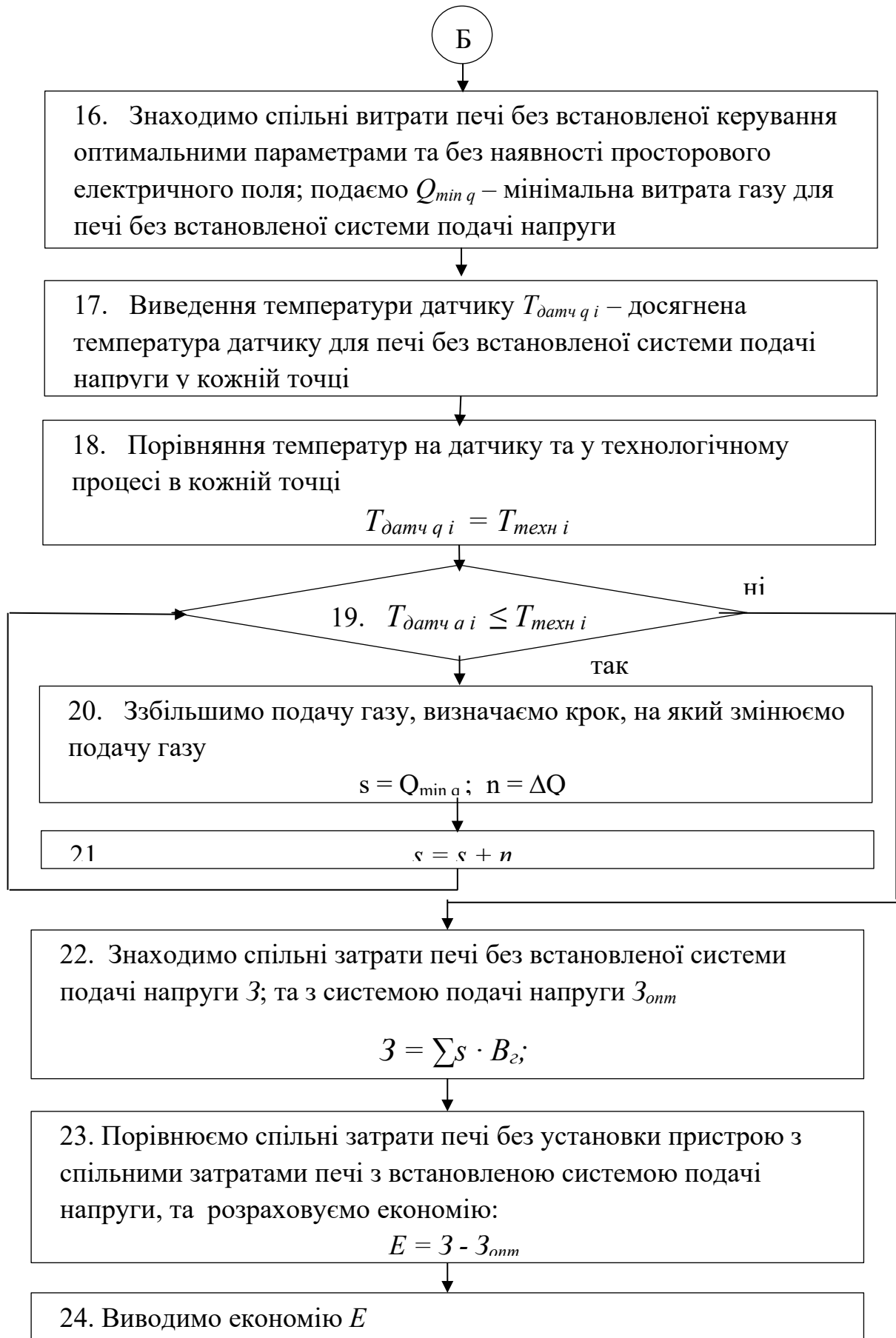


Рисунок 3.4 – Алгоритм визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання

На рисунку 3.2 у першому блоці зводиться початкова інформація:

B_g, B_{ee} – вартість (тарифи) газу та електроенергії;

W_{ee} – кількість споживаної електроенергії;

x, y, z – габарити заготовки;

ΔT – крок зміни температури;

T_0 – початкова температура нагріву;

Δt – час, за який температура зміниться до потрібної; параметри нагріву з планування експерименту.

У другому блоці до пічної установки подається газ, а досягнена температура виводиться у третьому блоці $T_{датч i}$.

У Четвертому блоці вводиться графік даних технологічного процесу нагріву печі $T_{техн i}$.

Порівняння досягнутої температури з потрібною температурою проходить у п'ятому блоці, де i – точка у якій порівнюються температури. Якщо потрібна температура не досягнута –подається напруга у восьмому блоці, де задається крок подачі напруги - ΔU , та граничні умови - U_{min}, U_{max} .

Знову порівнюються температури у десятому блоці, якщо потрібна температура не досягнута – збільшується подача газу у одинадцятому блоці, доки температура не стане потрібною.

Далі у тій самій точці часу додається знову напруга, порівнюються температури, збільшується подача газу у одинадцятому блоці, доки температура не стане потрібною.

І так знаходяться усі можливі комбінації подачі напруги та газу для досягнення потрібної температури.

У чотирнадцятому блоці з усіх можливих комбінацій при потрібній температурі знаходиться найбільш економічно вигідна комбінація у кожній точці та виводиться у п'ятнадцятому блоці.

Задля знаходження спільних витрат печі без встановленої системи керування оптимальними параметрами та без наявності просторового електричного поля за допомогою порівняння температур у 18-21 блоках

знаходять витрати газу печі без встановленої системи. У блоці 22 знаходять спільні витрати, а у 23 вони порівнюються. Економія системи керування оптимальними параметрами за наявності просторового електричного поля виводиться у 24 блоці.

Для спрощення розрахунків на базі розробленого алгоритму в середовищі Excel реалізовано програмний комплекс, який зображено на рисунку 3.3.

Вхідні данні			№	ti	Ттехн	Тдатч	Тдатч г	№	Ui	Qi
t	год	10	1	0				0	0	0
Δt	хв	5	2	5				1	10	1
Q min	м³	0	3	10				2	20	2
Q max	м³	800	4	15				3	30	3
ΔQ	м³	1	5	20				4	40	4
Gr	грн/м³	9	6	25				5	50	5
U min	В	0	7	30				6	60	6
U max	В	1000	8	35				7	70	7
ΔU	В	10	9	40				8	80	8
Вее	грн/кВ*ч	1,8	10	45				9	90	9
x	см		11	50				10	100	10
y	см		12	55				11	110	11
z	см		13	60				12	120	12
			14	65				13	130	13
			15	70				14	140	14
			16	75				15	150	15
			17	80				16	160	16
			18	85				17	170	17
№		b	19	90				18	180	18
0			20	95				19	190	19
1			21	100				20	200	20
2			22	105				21	210	21
3			23	110				22	220	22
4			24	115				23	230	23
5			25	120				24	240	24
6			26	125				25	250	25
7			27	130				26	260	26
8			28	135				27	270	27
9			29	140				28	280	28
10			30	145				29	290	29
11			31	150				30	300	30
12			32	155				31	310	31
13			33	160				32	320	32
14			34	165				33	330	33
...		
32			120	600				100	1000	100

ΣZ_{opt}	ΣZ	Е
вхідні дані дані, що розраховує програма		

Рисунок 3.5 – Програмний комплекс системи керування оптимальними параметрами

Блакитним кольором позначені клітинки, у які ми вводимо вхідні данні, графік технологічного нагріву печі, експериментально розраховані коефіцієнти, усі інші – у білих клітинках. Програма визначає всі можливі комбінації подачі газу та напруги, потім підбираються ті комбінації, які досягають потрібної температури у кожній точці, та знаходяться найбільш економічно вигідні комбінації значень.

Отже, запропонований математичний апарат дозволить визначати оптимальні значення вихідних енергетичних параметрів системи керування елементами пічної установки, і, таким чином, більш точно прогнозувати потенційну можливу кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства і прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» зокрема.

За цикл роботи пічна установка споживає $83 \text{ м}^3/\text{год}$ (Q_2) близько $16 \text{ м}^3/\text{год}$ на один пальник. Якщо нагрів у камерній нагрівальній печі проходить 16 годин, з яких дві години працюють 2 пальники, шість годин – 4, і ще шість годин працюють 3 пальники. То витрати на газ за один цикл однієї печі:

$$Q_2 = 2 \cdot 4 \cdot 16 + 4 \cdot 6 \cdot 16 + 3 \cdot 6 \cdot 16 = 800 \text{ м}^3/\text{цикл};$$

$$Q_2 = 800 \cdot 5 = 4000 \text{ м}^3/\text{цикл} - \text{коли працюють всі 5 печей};$$

Прийнято, що середня кількість робочих днів дорівнює кількості циклів у рік і дорівнює 200 днів, а вартість 1 м^3 природного газу 9 грн. 3 – витрати.

$$Z = 4000 \cdot 200 \cdot 9 = 7,2 \text{ млн. грн/рік};$$

В результаті розрахунків з використанням запропонованого інструментарію для об'єкту дослідження та спираючись на результати попередньо проведеного експерименту співробітниками кафедри, де за рахунок застосування просторового електричного поля вдалося зекономити близько 11% природного газу. E – економія.

$$E = 7,2 \cdot 11\% = 0,8 \text{ млн грн/рік} = 800 \text{ тис. грн /рік};$$

Капітальні витрати — це витрати, спрямовані на відтворення основних засобів виробничого і не виробничого призначення, на створення нових, реконструкцію і розвиток наявних основних засобів, включаючи об'єкти соціальної сфери.

Для того щоб знайти суму капіталовкладень розраховано витрати на придбання регуляторів газу та напруги та витрати на споживання електричної енергії:

$$K = Z_{e.e.} + Z_{рег.Q} + Z_{рег.U}; \quad (3.3)$$

де $Z_{e.e.}$ — витрати на електричну енергію за рік, грн;

$Z_{рег.Q}$, $Z_{рег.U}$ — витрати на регулятори газу та напруги, грн;

$$Z_{рег.Q} = 5 \cdot 24000 = 120 \text{ тис.грн};$$

$$Z_{рег.U} = 5 \cdot 1500 = 7,5 \text{ тис. грн};$$

При потужності $P = 1$ кВт, і напрузі що не може перевищувати 1000В, при роботі печі 16 годин, та кількості робочих днів ,максимальне значення витрат на електроенергію:

$$Z_{e.e.} = 1600 \cdot 1,8 = 2880 \text{ грн за рік};$$

$$K = 120 + 7,5 + 2,88 = 130,4 \text{ тис. грн на рік};$$

$$T_{ок} = \frac{K}{П}; \quad (3.4)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності;
 K – сумарні капіталовкладення;
 P – прибуток.

Термін окупності - кількість часу, необхідна для покриття витрат на той чи інший проект або для повернення коштів, вкладених підприємством за рахунок коштів, одержаних в результаті основної діяльності по даному проекту.

Прибуток, як економічний показник, є різницею між чистим доходом і собівартістю продукції. Прибуток є кінцевим результатом діяльності підприємства.

$$T_{ок} = \frac{130,4}{800} = 0,16 \text{ року} = 2 \text{ місяці};$$

Встановлено, що потенційно можлива економія в такому випадку складе не менше 800 тис грн на рік.

Економічні розрахунки показали, що сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту близько 130 тис. грн. при строку окупності, розрахованому за цінами на обладнання 2022 року складає близько 2 місяців, що не перевищує нормативний.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

До потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів приміщення прокатного цеху ПАТ “Дніпроспецсталь” належать:

- недостатня освітленість робочої зони;
- небезпека ураження електричним струмом;
- рухомі частини механізмів і приводів;
- вібрація від технологічного обладнання та вентустановок;
- шум, створюваний обладнанням [21,22].

Основними шкідливими чинниками в приміщенні цеху є небезпека ураження електричним струмом та шум, що досягає 85 дБА, джерелом якого є:

- бустер-компресор;
- турбодетандер;
- насосне та вентиляційне обладнання [23].

Цех є приміщенням категорії середньої важкості (виконуються роботи середньої важкості), тому повинні дотримуватися такі вимоги:

- оптимальна температура повітря – 22–24 °С (допустима – 19–21 °С);
- оптимальна відносна вологість – 40–60% (допустима – не більше 75%);
- швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с [24, 25].

У зв'язку з тим, що природне освітлення цеху здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника цеху представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці технолога киснево-компресорного цеху

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас безпеки _____ II клас безпеки _____ III-IV клас безпеки _____						
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³						
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	91				
4	Шум, дБА	80	88	8			75
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м ²						
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, %	15–23 не більше 0,3 не більше 75	18 0,2 75				100 100 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці – середньої важкості Іа, категорія напруженості праці – помірно напружена ІІ					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в цеху характеризуються наявністю шкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою

працездатності, проте характеризуються проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Для створення і автоматичної підтримки в цеху оптимальних значень температури, вологості і швидкості руху повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря.

До заходів щодо захисту працівників від шуму належать:

- використання сучасного обладнання;
- розміщення пультів контролю та управління у звукоізовьованому приміщенні;
- установка на бустер-компресорі та насосах шумопоглинального кожуха;
- застосування індивідуальних засобів захисту від шуму;
- раціональне планування приміщення [26, 27].

Найбільш ефективним засобом зниження шуму є заміна шумних технологічних операцій на малошумні або повністю безшумні, проте цей метод боротьби не завжди можливий, тому велике значення має зниження його в джерелі. Зниження шуму у киснево-компресорному цеху досягається шляхом вдосконалення конструкції або схеми тієї частини устаткування, яка чинить шум, використання в конструкції матеріалів із зниженими акустичними властивостями, устаткування на джерелі шуму додаткового звукоізолюючого пристрою або обгороджування, розташованого по можливості ближче до джерела. Для боротьби з шумом на шляхах передачі передбачений шумопоглинальний кожух, який може закривати окремий шумний вузол машини.

Пропонується знизити шум від устаткування застосовуючи акустичні екрани, що відгороджують шумний механізм від робочого місця або зони обслуговування машини. Передбачається застосування шумопоглинальних облицювань для обробки стелі і стін шумних приміщень, що призводить до зміни спектру шуму у бік нижчих частот, що навіть при відносно невеликому зниженні рівня істотно покращує умови праці.

З метою захисту від шуму обслуговуючого персоналу на виробничих ділянках з шумними технологічними процесами або з шумним обладнанням необхідно влаштовувати кабіни спостереження та дистанційного контролю. Використовуючи звукоізовані кабіни, можна забезпечити практично будь-яке необхідне зниження шуму [28].

Кабіни виготовляються з цегли, бетону та інших будівельних матеріалів. Кабіни можуть бути збірними з металевих панелей. У приміщеннях з джерелами теплових випромінювань кабіни повинні також забезпечувати захист від цього шкідливого чинника.

Збірні звукоізовані кабіни встановлюються на гумових віброізоляторах. З метою зниження шуму, який створюється припливно-витяжною системою вентиляції, необхідно встановлювати глушители шуму з боку входу та виходу повітря.

Вікна мають бути мінімальних розмірів з використанням товстого скла або з органічного скла. За периметром вікна необхідно герметизувати гумовими прокладками. При використанні подвійного скління між листами скла встановлюється звукоізована прокладка по периметру вікна.

У дверях кабіни необхідно забезпечити щільність та герметичність по всьому периметру дверей. При умові високої необхідної ізоляції двері повинні бути подвійними. У місцях прокладки технологічних комунікацій слід також передбачати заходи звукоізоляції. Внутрішні поверхні кабіни личкуються звукопоглинальним матеріалом з максимальними коефіцієнтами звукопоглинання в діапазоні 250–2000 Гц.

Розрахунок необхідної ізоляції кабіни технолога киснево-компресорного цеху проведено за наступним алгоритмом.

Необхідне зниження шуму кабіною визначається, як:

$$R_{\text{каб.н.}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{доп}}, \quad (4.1)$$

де $L_{\text{ш}}$ – октавний рівень звукового тиску на робочому місці шумного приміщення на запропонованому місці установки кабіни, вимірний в діючому приміщенні, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях в кабінах, дБ.

Відповідно до формули 4.1 необхідне зниження шуму кабіною у киснево-компресорному цеху складає:

$$R_{\text{каб.н.}} = 88 - 80 = 8 \text{ дБ}$$

Необхідна звукоізолювана здатність елементів огорожувальних конструкцій (вікон, стін та дверей звукоізолюованих кабін) визначається за формулою, дБ:

$$R_{\text{н.і}} = L_{\text{сер}} - 10 \lg B + 10 \lg S_i - L_{\text{доп}} + 10 \lg(n), \quad (4.2)$$

де B_i – постійна кабіни у даній октавній смузі частот, м²;

S_i – площа i -го елемента кабіни, через який шум проникає в кабіну, м²;

n – кількість однакових елементів.

Постійну приміщення B_i визначають за формулою:

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (4.3)$$

де B_{1000} – постійна приміщення на середньгеометричній частоті 1000 Гц, визначається за таблицею 4.2 залежно від об'єму V , м³ і типу приміщення, м²;

μ – частотний множник, визначається за таблицею 4.3.

Розрахунок проведено для частоти 125 Гц.

Об'єм кабіни складає, м³:

$$V_k = a \cdot b \cdot h = 3,3 \cdot 4,2 \cdot 2,3 = 31,88.$$

Постійна приміщення B_{1000} на середньгеометричній частоті 1000 Гц визначається, враховуючи тип приміщення за таблицею 4.2, м²:

$$B_{1000} = V/20 = 31,88/20 = 1,59$$

Таблиця 4.2 – Постійна приміщення залежно від об'єму V , м^3 і типу приміщення

Тип приміщення	Описання приміщення	Постійна приміщення B_{1000} , м^2
1	З невеликою кількістю людей (металообробні цехи, вентиляційні камери, генераторні, машинні зали, випробувальні стенди і т.п.)	$V/20$
2	З жорсткими меблями і великою кількістю людей або з невеликою кількістю людей і м'якими меблями (лабораторії, ткацькі і деревообробні цехи, кабінети і т.п.)	$V/10$
3	З великою кількістю людей і м'якими меблями (робочі приміщення будівель управлінь, аудиторії учбових закладів, класні приміщення в школах, житлові приміщення і т. п)	$V/6$
4	Приміщення із звукопоглинальним облицюванням стелі і частини стін	$V/1,5$

Таблиця 4.3 – Частотний множник

Об'єм приміщення V , м^3	Частотний множник μ на середньгеометричних частотах октавних полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5

Постійна приміщення B визначається за формулою (4.3), м^2 :

$$B = 1,59 \cdot 0,75 = 1,19,$$

Площа вікна складає, м^2 :

$$S_{\text{вікна}} = 3 \cdot 1 = 3.$$

Площа дверей становить, м²:

$$S_{дверей} = 0,8 \cdot 2 = 1,6,$$

Площа п'яти стін, тому що так розташована кабіна, м²:

$$S_{стін} = 2 \cdot 4,2 \cdot 2,3 + 2 \cdot 3,3 \cdot 2,3 + 4,2 \cdot 3,3 = 48,36.$$

Необхідна звукоізолювана здатність елементів огорожувальних конструкцій становить, дБ:

$$R_{н.вікна} = 90 - 10 \lg 1,19 + 10 \lg 3 - 80 + 10 \lg 1 = 14,02,$$

$$R_{н.двері} = 90 - 10 \lg 1,19 + 10 \lg 1,6 - 80 + 10 \lg 1 = 11,29,$$

$$R_{н.стін} = 90 - 10 \lg 1,19 + 10 \lg 48,36 - 80 + 10 \lg 5 = 33,08.$$

Перевірочний розрахунок очікуваного зниження шуму кабіною $R_{каб}$ визначається за формулою:

$$R_{каб} = R_{сер} + 10 \lg B - 10 \lg \sum_{i=1}^n S_i, \quad (4.4)$$

де $R_{сер}$ – середня звукоізоляція всіх огорожень кабіни, дБ;

S_i – площа кожного елемента огороження, м²;

n – загальна кількість елементів огороження.

Середня ізоляція повітряного шуму даною неоднорідною (збірною) огорожувальною конструкцією $R_{сер}$ визначається за формулою, дБ:

$$R_{сер} = 10 \lg (S_{заг} / \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}), \quad (4.5)$$

де $S_{заг}$ – загальна площа неоднорідного огороження, м²;

S_i та R_i – площа, м², та звукоізоляція окремого елемента, дБ.

Середня звукоізоляція $R_{сер}$ за формулою 4.4 становить, дБ:

$$R_{сер} = 10 \lg (52,96 / (3 \cdot 10^{-0,1 \cdot 23} + 1,6 \cdot 10^{-0,1 \cdot 12} + 48,36 \cdot 10^{-0,1 \cdot 38})) = 26,35.$$

Очікуване зниження шуму кабіною $R_{каб}$ становить:

$$R_{каб} = 25,32 + 10 \lg 1,19 - 10 \lg 52,96 = 8,83.$$

Перевіряємо умову $R_{каб} \geq R_{каб.н.}$: $8,83 \geq 8$ дБ – умова виконується.

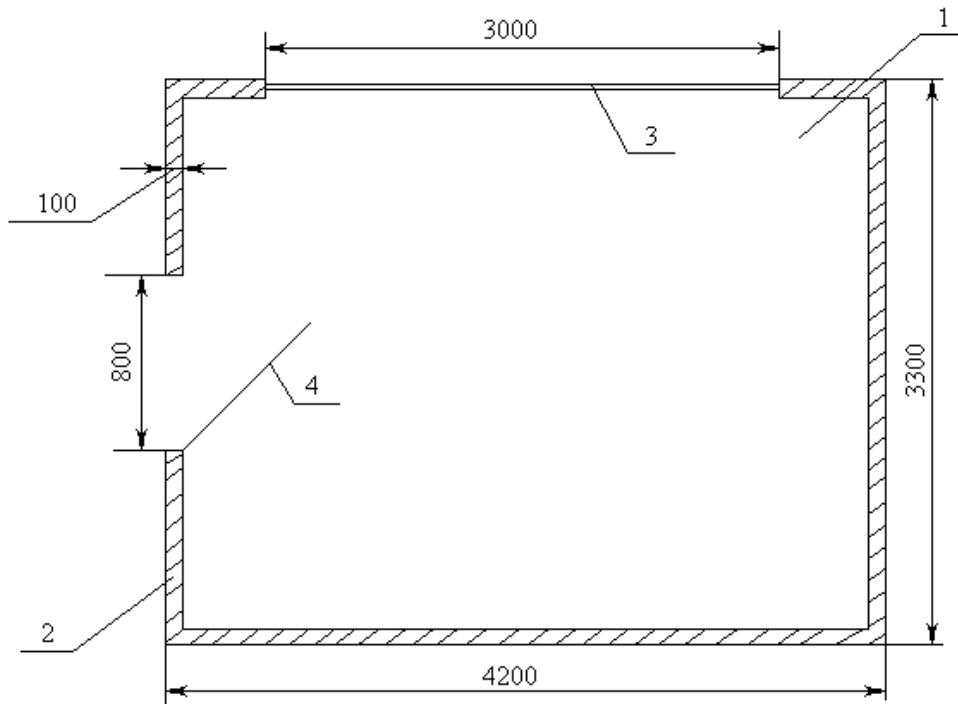
Таким чином, вибрано звукоізолюючу кабіну технолога:

– стіни кабіни виготовляються залізобетонною панеллю товщиною 100 мм, поверхневою густиною 250 кг/м²;

– двері із стандартного полотна завтовшки 40 мм без ущільнювальних прокладок;

– одинарне вікно з органічним склом товщиною 20 мм.

Звукоізольовану кабінку технолога зображено на рисунку 4.1.



1 – робоча зона; 2 – стіна; 3 – вікно; 4 – двері.

Рисунок 4.1 – Звукоізольована кабінка технолога

Таким чином, кабінка технолога забезпечує необхідну звукоізоляцію, адже за розрахунком: $R_{каб} \geq R_{каб.н.}$: $8,83 \geq 8$ дБ – умова виконується.

4.3 Виробнича санітарія

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) виробничого приміщення, який визначається температурою, відносною вологістю та рухом повітря.

Під оптимальними мікрокліматичними умовами розуміють поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Показники мікроклімату в приміщенні представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Нормовані величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в киснево-компресорному цеху

Період року	Категорія робіт	Температура			Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима		Оптимальна	допустима	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях
			Верхня межа	Нижня межа				
		Оптимальна	Постійна	Постійна				
Холодний	Середньої важкості-Па	19-21	23	17	40-60	75	0,2	Не більше 0,3
Теплий	Середньої важкості-Па	21-23	27	18	40-60	65 (при 26°C)	0,3	0,2-0,4

Створення необхідних параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні забезпечується природною та механічною загальною вентиляцією повітря, яка представляє собою зміну повітря в приміщенні, призначену

підтримувати в ньому відповідні метеорологічні умови і чистоту повітряного середовища.

Вентиляція приміщень досягається видаленням з них нагрітого або забрудненого повітря і подачею чистого зовнішнього повітря.

Оптимальна температура повітря в цеху в холодну пору року забезпечується водяною системою опалення.

Одним із чинників, які визначають сприятливі умови праці, є раціональне освітлення робочої зони. Якщо освітлення виробничих приміщень правильно розраховане і виконане, очі працівника протягом тривалого часу зберігатимуть здатність добре розрізняти предмети і знаряддя праці, не втомлюючись. Це сприяє зниженню виробничого травматизму і професійного захворювання очей.

Недостатнє освітлення робочих місць є однією з причин низької продуктивності праці. У цьому випадку очі працівника сильно напружені, важко розрізняють оброблювані предмети, у людини знижується темп і якість роботи, погіршується загальний стан.

У киснево-компресорному цеху використовується природне бокове та штучне освітлення в якості люмінесцентних ламп типу ДРЛ.

Розряд зорових робіт у приміщенні цеху – VIII а. Загальне освітлення становить 75 Лк.

4.4 Електробезпека

Приміщення цеху згідно ПУЕ можна віднести до I класу — з підвищеною небезпекою ураження струмом (відносна вологість повітря понад 75%; струмопровідний пил; температура понад 350С або короткочасно 400С незалежно від пори року; можливість одночасного дотикання людини до металевих корпусів електрообладнання і заземлених металевих конструкцій

будівлі; наявність струмопровідних підлог земляних, залізобетонних, цегляних та ін.) [29].

Для захисту від електричного струму передбачається надійне захисне заземлення електростаткування. Заземлюючі пристрої забезпечують безпеку людей і захист електроустановок, експлуатаційні режими роботи. Для тієї частини електростаткування, яка може виявитися під напругою внаслідок порушення ізоляції, забезпечено надійний контакт із заземлюючим пристроєм. Запропоновано проводити інструментальну перевірку стану захисного заземлення не рідше одного разу на рік, а також після монтажу або ремонту.

Для забезпечення електробезпеки запропоновано дотримуватися наступних вимог:

- конструкція виробничого устаткування, що приводиться в дію електроенергією, повинна включати пристрій для забезпечення електробезпеки;
- в устаткуванні має бути забезпечено захист від випадкового дотику до частин, що знаходяться під напругою;

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

4.5 Пожежна безпека

Будівлю, в якій знаходиться лабораторія, по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Д, оскільки в цеху є горючі і важкоспалимі речі, які при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху. За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса — з

металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції — з негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп низької та помірної горючості (ступінь вогнестійкості будівлі — Ша) [30].

Можливими причинами пожежі є підвищена температура довкілля, обладнання та наявність горючо-змазочних матеріалів.

Запобігання пожежі повинно досягатися запобіганням утворенню горючого середовища, запобіганням утворення в горючому середовищі джерел запалення.

Протипожежна безпека в енергосиловому цеху забезпечується:

- застосуванням засобів пожежогасіння і відповідної пожежної техніки;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації;
- застосуванням основних будівельних конструкцій об'єктів з
- регламентованими межами вогнестійкості і межами поширення вогню;
- нанесенням на поверхні конструкцій вогнезахисних фарб;
- пристроями, що забезпечують обмеження поширення пожежі;
- організацією своєчасної евакуації людей;
- застосуванням засобів колективного і індивідуального захисту людей від небезпечних чинників пожежі;
- застосуванням систем протипожежного захисту.

Запобігання виникненню джерела вибуху досягаються шляхом: регламентації вогневих робіт; запобіганням нагріву устаткування до температури самозаймання вибухонебезпечного середовища; застосуванням швидкодіючих засобів захисного відключення можливих електричних джерел ініціації вибуху; застосуванням вибухозахищеного устаткування.

Для зовнішнього пожежогасіння передбачається установка гідрантів із загальною витратою води 20 л/с.

Для гасіння одягу, насиченого киснем, передбачено протипожежні душові кабінки з автоматичною подачею води при вході в кабінку.

У приміщеннях передбачаються первинні засоби пожежогасіння: пінні вогнегасники типу ОХП-10, ОП-М і ОП-9ММ (густопінні хімічні), ОХВП-10 (повітряно-пінний хімічний), вуглекислотні типу ВВ, азбестові ковдри, ящики з піском, протипожежні щити.

В якості датчиків використані димові і теплові датчики. На виході з приміщень встановлюються сповіщувачі ручні. Сигнал про пожежу виводиться на прилад “Дунай”, встановлюваний в приміщенні, в якому знаходиться цілодобовий черговий персонал. Передбачено автодозвон для передачі сигналу про пожежу на пульт централізованого спостереження державної пожежної охорони.

Передбачено систему оповіщення про пожежу першого і другого типу з використанням гучномовного зв'язку, установкою світлових покажчиків та звукових сигналів.

Передбачено блискавкозахист та заземлення споруд. В якості блискавкоприймального пристрою використовуються металокаркаси цеху.

Захист від електростатичної індукції забезпечується шляхом приєднання всіх металевих корпусів обладнання та комунікацій до внутрішньої магістралі заземлення.

4.6 Засоби індивідуального захисту

На робочих місцях, де не вдається знизити шум і вібрацію допустимих рівнів технічними засобами, або де це недоцільно з техніко-економічних міркувань, застосовують засоби індивідуального захисту (далі – ЗІЗ).

ЗІЗ не тільки сприяють профілактиці захворювань, прямо або побічно пов'язаних з впливом шуму (приглухуватість, шумова хвороба, порушення

нервової, серцево-судинної систем тощо), але і підвищують працездатність людини.

У залежності від конструктивного виконання ЗІЗ поділяються на протишумові навушники, що закривають вушну раковину зовні; протишумові вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід або прилеглі до нього; протишумові шоломи і каски; протишумові костюми.

Протишумові вкладиші роблять з твердих, еластичних і волокнистих матеріалів. Вони бувають одноразового та багаторазового користування.

Щодо ефективності захисту від шуму, маси і сили притиснення до привушної зони навушники й вкладиші діляться на три групи: А, Б та В. ЗІЗ вибирають виходячи з частотного спектру шуму на робочому місці і враховують зручність їх носіння при виконанні даної робочої операції і кліматичні умови.

Протишумові шоломи закривають всю голову, вони застосовуються при дуже високих рівнях шуму в поєднанні з навушниками, а також протишумні костюмами. Навушники виконані із звукопоглинальних матеріалів, щільно облягають вушну раковину і стримуються дугоподібною пружиною.

При роботі з ручним механізованим електричним і пневматичним інструментом застосовують ЗІЗ рук від дії вібрацій. Це рукавиці, а також віброзахисні прокладки або пластини, оснащені кріпленнями до рук. Враховуючи несприятливу дію холоду на розвиток віброхвороб, в зимовий час працівників треба забезпечувати теплими рукавицями.

При роботі з ручними механізмами та за умов дотримання гігієнічних норм, сумарний час роботи в контакт з вібрацією не повинен перевищувати 2/3 робочого часу. Крім того, одноразове безперервне дію вібрації, включаючи мікропаузи, не повинно перевищувати для ручних машин 15-20 хвилин. Обідня перерва рекомендується не менше ніж 40 хвилин, необхідні також дві регламентованих перерви (для активного відпочинку, виробничої гімнастики за спеціальним комплексом, фізіопрофілактичних процедур): 20 хвилин через 1-2 години після початку зміни і 30 хвилин через 2 години після обідньої перерви.

Таким чином, приміщення киснево-компресорного цеху ПАТ “Дніпроспецсталь” відповідає майже всім вимогам з охорони праці та техногенної безпеки. Для зниження шуму, пов’язаного з роботою компресорного обладнання, розраховано шумоізоляцію кабіни технолога.

ВИСНОВКИ

Проблема енергозбереження більшою чи меншою мірою актуальна для всіх цивілізованих країн світу. Постійні кризові явища змушують країни більш раціонально використовувати природні ресурси, зменшувати їх імпорт за рахунок ефективного впровадження новітніх технологій, відповідних законів та контролю за їх реалізацією. Розробка й реалізація політики енергозбереження в Україні має величезне значення, оскільки її економіка базується на промисловості, а в цьому секторі панують енергоємні галузі. При цьому Україна – одна з країн світу, де рівень енерговитрат надзвичайно високий. Її частка у світовому споживанні енергії становить 1,9%, тоді як населення становить менше ніж 1% населення Землі.

Питання раціонального та ефективного використання енергії не є питанням вибору для України – це питання виживання. Якщо країна й надалі буде розвиватися, віддавши перевагу збільшенню виробництва енергії, а не більш раціональному її використанню, то Україна ризикує опинитися на задвірках економічного розвитку.

В роботі досліджено енергоспоживання ПАТ «Дніпрспецсталь» та прокатного цеху зокрема, проаналізовані всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі з викатним подом, досліджено вплив електричного поля на процес формування теплових потоків в умовах підприємства.

Аналіз методів підвищення енергоефективності нагрівальних газових печей свідчить про те, що для одержання максимальних енергетичних показників необхідно використовувати додаткові способи, серед яких має інтерес застосування електричних полів. можливість комплексно вирішити головне завдання – підвищити енергоефективність нагрівальних газових печей, одночасно змінюючи не тільки їх аеродинамічні характеристики, але й

здійснюючи додатковий вплив на тепловий потік просторовими електричними полями.

Разом з тим, аналіз численних робіт, присвячених вивченню електрофізичних впливів на різні полум'яна, дозволяє констатувати, що в більшості досліджень ігнорується складна електрична структура полум'я, електричні поля накладаються інтегрально, тобто на всі полум'я в цілому.

- існуюча в полум'я нерівноважна іонізація обумовлена процесом хемііонізації, причому концентрація заряджених частинок в полум'ї залежить від виду палива і умов горіння і може перевершувати рівноважну на 4-6 порядків;

- в полум'ї відбувається розділення зарядів, внаслідок чого полум'я має власне електричне поле складної конфігурації;

- вплив зовнішніх електричних полів на заряджену компоненту полум'я призводить до зміни макроскопічних параметрів горіння.

В роботі досліджено енергоспоживання ПАТ «Дніпрспецсталь» та прокатного цеху зокрема, проаналізовані всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі з викатним подом, досліджено вплив електричного поля на процес формування теплових потоків в умовах підприємства.

Для підвищення ефективності камерної печі розроблено методику визначення оптимальних енергетичних параметрів пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування.

Створено структурну блок-схему керування оптимізованими за економічним критерієм енергетичними параметрами печі. На основі блок-схеми розроблено відповідний математичний апарат для визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання металу та представлено його у вигляді алгоритму. Для спрощення розрахунків на базі розробленого алгоритму в середовищі Excel реалізовано програмний комплекс.

Отже, запропонований математичний апарат дозволить визначати оптимальні значення вихідних енергетичних параметрів системи керування елементами пічної установки, і, таким чином, більш точно прогнозувати потенційну можливу кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства і прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» зокрема. В результаті розрахунків з використанням запропонованого інструментарію для об'єкту дослідження та спираючись на результати попередньо проведеного експерименту співробітниками кафедри, де за рахунок застосування просторового електричного поля вдалося зекономити близько 11% природного газу, встановлено, що потенційно можлива економія в такому випадку складе не менше 800 тис грн на рік.

Економічні розрахунки показали, що сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту близько 130 тис. грн. при строку окупності, розрахованому за цінами на обладнання 2022 року складає близько 2 місяців, що не перевищує нормативний.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Иссерлин, А. С. Основы сжигания газового топлива [Текст] : справочное пособие / А. С. Иссерлин. – Л. : Недра, 1987. – 336 с. – Библиогр. : с. 332-334. – ISBN 5-1238319.
2. Губинский, В. И. Нагревательные печи металлургии – сегодня и завтра [Текст] / В. И. Губинский // Теория и практика металлургии. – 2004. – № 6 (20). – С. 56-60.
3. Качан Ю. Г. Щодо можливості підвищення енергоефективності нагрівальних печей за рахунок формування теплових потоків просторовими електричними полями / Ю. Г. Качан, В. Л. Коваленко, А. А. Візер // Металургія : наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2013. – Вип. 29. – С. 121–125.
4. Конспект лекцій по металургическим печам: [Електронний ресурс] /– 2009. – Режим доступу до журн. : . <http://www.twirpx.com/file/163788/>
5. Качан Ю.Г. О проблеме энергоэффективности нагревательных газовых печей Ю.Г. Качан, В.В. Степкин, Ю.Б. Спекторова // Вісник Східноукраїнського національного університета ім. В. Даля. – 2011. – № 11. – С. 237– 239.
6. Качан Ю.Г. Математическая модель камерной нагревательной печи Ю.Г. Качан, В.В. Степкин, Ю.Б. Спекторова // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2011. – № 4. – С. 54– 61.
7. Повышение эффективности тепловой работы рециркуляционных термических печей [Текст] / Ю. А. Герасимов, В. И. Иванов, В. С. Баздырев и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1991. – № 3 (161). – С. 58-60.

8. А.с. 870856 СССР, МПК F 23D 15/00. Газовая горелка [Текст] / Ревун М. П., Байбуз А. Н., Андриенко А. Н. и др. (СССР). – № 2875662/24-06 ; заявл. 17.01.80 ; опубл. 07.10.81, Бюл. № 37.
9. Чепрасов, А. И. Применение горелок частичного предварительного смешения на рециркуляционных термических печах [Текст] / А. И. Чепрасов, М. П. Ревун, Ю. Н. Каюков // Теплотехнология металлургического производства : сб. научн. трудов. – Киев : УМК ВО, 1988. – С. 4-7.
10. Математическое моделирование нагрева металла в пламенной печи камерного типа [Текст] / М. П. Ревун, Ю. Н. Каюков, А. И. Чепрасов, В. И. Иванов // Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії. – Запоріжжя : ЗДІА, 2009. – Вип. 20. – С. 130-140; 2011. – Вип. 23. – С. 163-171.
11. Гусовский, В. Л. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей [Текст] : справочник / В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц, В. М. Тымчак. – М. : Металлургия, 1981. – 272 с. – Библиогр. : с. 269-270.
12. Ерёмин, А. О. Современные способы отопления нагревательных печей [Текст] / А. О. Ерёмин // Металлургическая теплотехника : сб научн. трудов НМетАУ. – Днепропетровск : Новая идеология. – 2008. – С. 139-151.
13. Лавров, Ф. А. Влияние продольного электрического поля на процесс горения газовых смесей [Текст] / Ф. А. Лавров, А. Э. Малиновский // Журнал физической химии. – 1933. – Т. 4, Вып. 1. – С. 104-108.
14. Кавера, А. Л. Исследование состояния вопроса о процессах горения в электрическом поле [Текст] / А. Л. Кавера // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2005. – № 1. – С. 182-187.
15. Ягодников, Д. А. Влияние внешнего электрического поля на особенности процессов воспламенения и горения [Текст] / Д. А. Ягодников, А. В. Воронежский // Физика горения и взрыва. – 1994. – № 3. – С. 3-12.

16. Афанасьев, В. В. Диагностика и управление устойчивостью горения в камерах сгорания энергетических установок [Текст] / В. В. Афанасьев, Н. И. Кидин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 176 с. – ISBN 978-5-9221-0964-2.
17. Лаутон Дж., Вайнберг Ф. Электрические аспекты горения.- М. Энергия, 1976.-296с.
18. Фиалков Б.С., Щербаков Н.Д., Плицин В.Т. Распределение электрического потенциала в углеводородных пламенах //ФГВ.- с1978.- т.14,в.2.-с.104-108.
19. Фиалков Б.С., Щербаков Н.Д. Распределение положительных ионов в пламенах смесей пропан-бутана с воздухом.// ФГВ.-1980.-т.54, в.10. –с. 2655-2659.
20. Кидин Н.И., Либрович В.Б.О собственном электрическом поле ламинарного пламени. // ФГВ.-1974.-т. 10, в. 5. –с .696-705.
21. Степанов Е.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. – М.:Металлургия.,1968 г.- 310 с.
22. Малиновский А.Э., Россихин В.С., Наугольников Б.И. Исследование горения смеси ацетилена с воздухом в магнитном поле.//ЖЭТФ. -1934. –т.4, в.2. –с.189-192.
23. Гейдон А.Г., Вольфгард Х.Г. Пламя, его структура, излучение и температура. – М.:Металлургиздат,1959. -333 с.
24. Tomson J.J., Tomson G.P. Conductivity of Electricity Fhrougy Gases.- 1928.-Vol.1
25. Малиновский А.Э., Ткаченко К.Т. Перенос ионов взрывной волной.//ЖЭТФ. -1934. –т.4, в.2. –с.198-202.
26. Малиновский А.Э., Лавров Ф.А. О влиянии электрического поля на процессы горения в газах.//ЖФХ. -1931. –т.2, в.3-4. –с.530-534.
27. Качан Ю. Г. Количественная оценка энергоэффективности камерных печей с выкатным подом / Ю. Г. Качан, В. Л. Коваленко, Ю. Б.

Спекторова // Вісник Хмельницького національного університету, 2012. – № 3. – С. 66-68.

28. Качан Ю. Г. Математическая модель камерной нагревательной печи / Ю. Г. Качан, В. В. Степкин, Ю. Б. Спекторова // Энергетика: економія, технології, екологія, 2011. – № 2. – С. 24-28.

29. Степанов Е. М. Ионизация в пламени и электрическое поле / Е. М. Степанов, Б. Г. Дьячков. – М. : Metallurgiya., 1968. – 312 с.

30. Звіт з корпоративної соціальної відповідальності: [Електронний ресурс] /– 2014. – Режим доступу до журн. : . <http://www.dss-ua.com/media/rus/company/information-material/DSS%20CSR%202013-2014.PDF>

31. Качан Ю. Г. Моделирование температурного режима газовой нагревательной печи за наявності просторового електричного поля / Ю. Г. Качан, В. Л. Коваленко, А. А. Візер // Metallurgiya : наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2013. – Вип. 30. – С. 121–125.

ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

Кваліфікаційна робота магістра
на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕРНОЇ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ
В УМОВАХ ПАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

Магістр:	гр. 8.1411	Сосков А. В.
Науковий керівник:	д.т.н., доцент	Коваленко В.Л.

Об'єкт дослідження – камерна нагрівальна піч з викатним подом в умовах ПАТ «Дніпроспецсталь».

Предмет дослідження – процес керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності просторового електричного поля..

Мета дослідження розробка методики визначення системи керування енергетичними параметрами пічної установки з оптимальними параметрами.

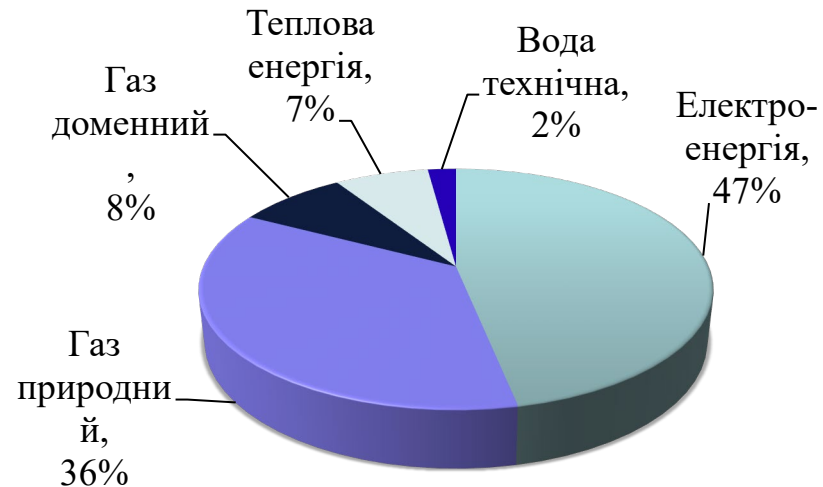
Методи дослідження – аналіз, порівняння, пошук оптимальних значень, повний перебір, розробка програмного комплексу, моделювання.

Завдання роботи – дослідити енергоспоживання зазначеного підприємства; аналіз всіх можливих шляхів підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі; дослідити вплив просторового електричного поля на формування теплових потоків у камерній печі в умовах підприємства; розробити блок-схему та алгоритм керування енергетичними параметрами в камері печі за економічним критерієм; розробити програмний комплекс для розрахунку оптимальних параметрів системи керування на його базі.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПАТ " ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ"

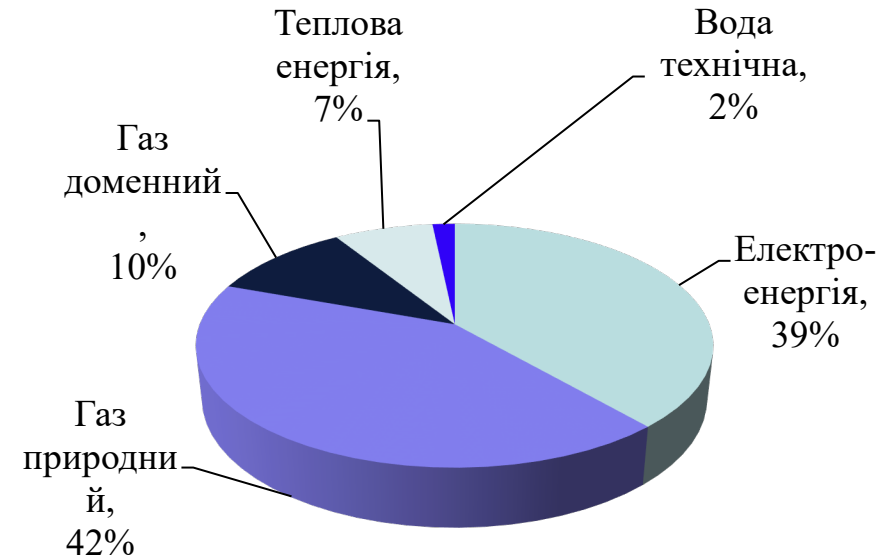
Річне споживання енергоресурсів підприємством

Найменування	Одиниця вимірювання	Величина	Вартість, млн. грн
Електроенергія	тис. кВт·год	434641	782,35
Газ природний	тис. м ³	66660,4	599,94
Газ доменний	тис. м ³	136384	136,38
Теплова енергія	Гкал	107440	118,18
Вода технічна	тис. м ³	29543	35,45

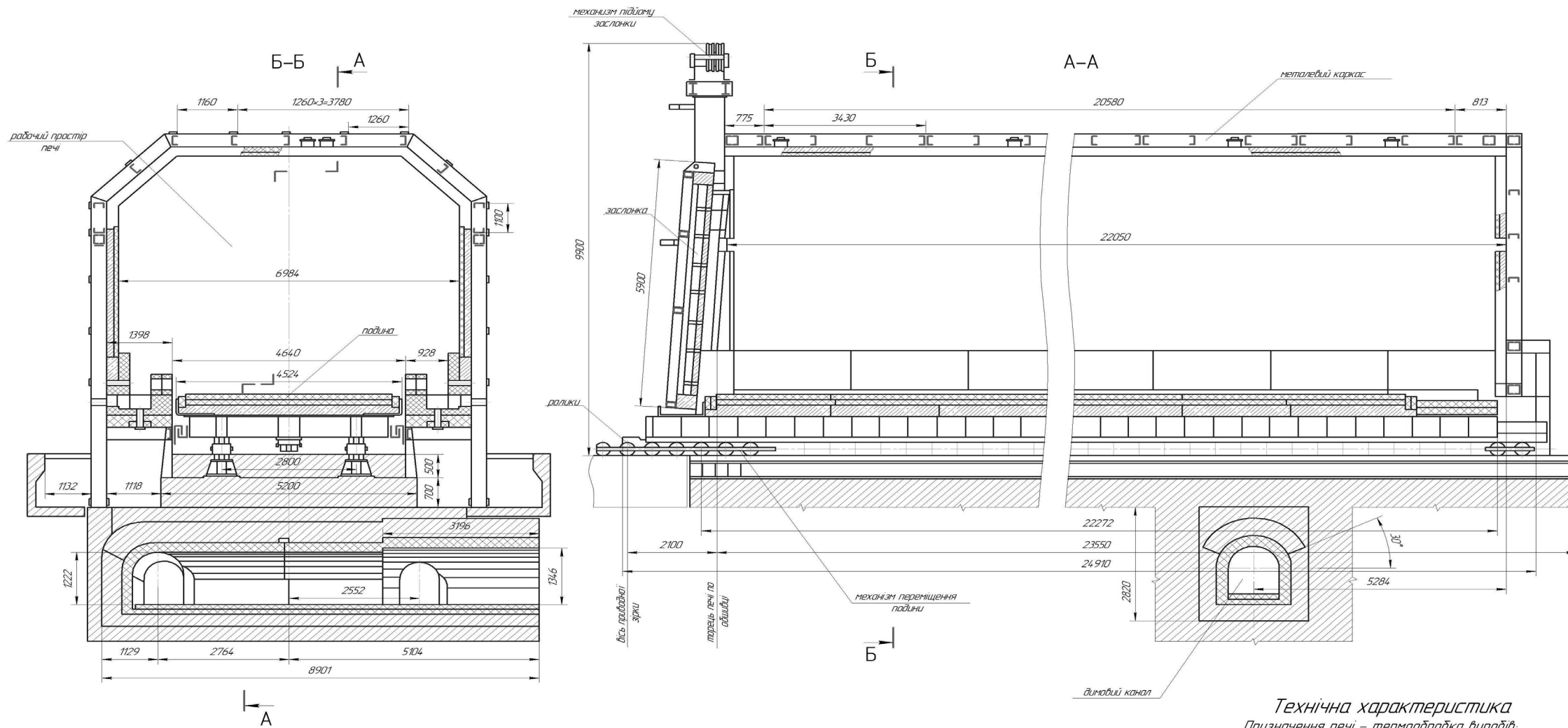


Річне споживання енергоресурсів прокатним цехом

Найменування	Одиниця вимірювання	Величина	Вартість, млн. грн
Електроенергія	тис. кВт·год	130911	235,64
Газ природний	тис. м ³	28500,8	256,51
Газ доменний	тис. м ³	64240,2	642,40
Теплова енергія	Гкал	40635	446,99
Вода технічна	тис. м ³	8380,5	10,057

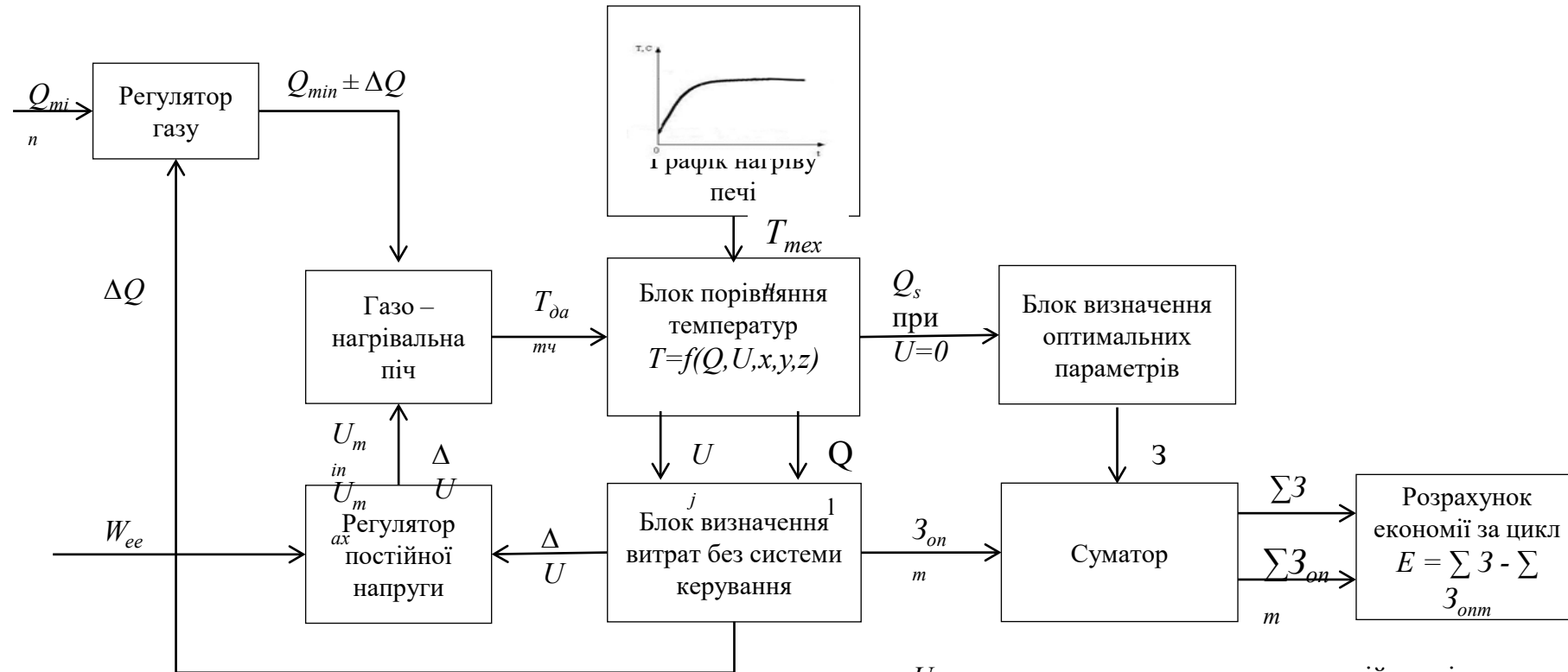


КАМЕРНА ПІЧ З ВИКАТНИМ ПОДОМ



Технічна характеристика
 Призначення печі – термообробка виробів;
 Маса садки – до 12т;
 Температура нагріву – до 1300 °С;
 Вид палива – генераторний газ;
 Тип рекуператора – металевий трубчастий;
 Теплота згоряння палива – 5,7МДж / м;
 Температура підігріву повітря – 350 °С

СТРУКТУРНА БЛОК-СХЕМА КЕРУВАННЯ ОПТИМІЗОВАНИМИ ЗА ЕКОНОМІЧНИМ КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПЕЧІ



Q_{min}, Q_{max} – мінімальне та максимальне значення витрати газу, m^3 ;

ΔQ – крок подачі газу, m^3 ;

Q_b, Q_s – поточне значення витрати газу без та з системою керування,

$Q_b, Q_s \in Q_{min} \dots Q_{max}, m^3$;

$T_{датч.i}$ – поточна температура нагріву печі у заданій точці, $^{\circ}C$;

$T_{техн.i}$ – температура технологічного нагріву печі у заданій точці, $^{\circ}C$;

U_{min}, U_{max} – мінімальне та максимальне значення напруги, $0 \dots 1000$ В;

ΔU – крок зміни напруги, В;

U_j – поточне значення напруги у заданій точці,

$U_j \in U_{min} \dots U_{max}, В$;

W_{ee} – кількість споживаної електричної енергії, кВт·год;

B_{ee} – вартість електричної енергії з мережі, грн/кВт·год;

B_z – вартість природного газу, m^3 ;

3 – витрати на енергоресурси, грн;

3_{onn} – витрати на енергоресурси з системою керування, грн;

$\Sigma 3, \Sigma 3_{onn}$ – сумарні витрати за цикл, грн;

E – економія впровадження системи керування за цикл, грн.

ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ В СЕРЕДИНІ ГАЗОВОЇ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ЗА НАЯВНОСТІ ПРОСТОРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Матриця планування експерименту

Математична модель

№	Коефіцієнти	Q	U	x	y	z
1	b ₀	+	-	-	-	-
2	b ₁	+	-	-	-	+
3	b ₂	+	-	-	+	+
4	b ₃	+	-	+	+	+
5	b ₄	+	-	+	-	-
6	b ₅	+	-	+	-	+
7	b ₆	+	-	+	+	-
8	b ₇	+	-	-	+	-
9	b ₈	+	+	-	+	-
10	b ₉	+	+	-	-	-
11	b ₁₀	+	+	+	-	-
12	b ₁₁	+	+	-	-	+
13	b ₁₂	+	+	+	+	-
14	b ₁₃	+	+	+	-	+
15	b ₁₄	+	+	-	+	+
16	b ₁₅	+	+	+	+	+
17	b ₁₆	-	-	-	-	-
18	b ₁₇	-	-	-	-	+
19	b ₁₈	-	-	-	+	+
20	b ₁₉	-	-	+	+	+
21	b ₂₀	-	-	+	-	-
22	b ₂₁	-	-	+	-	+
23	b ₂₂	-	-	+	+	-
24	b ₂₃	-	-	-	+	-
25	b ₂₄	-	+	-	+	-
26	b ₂₅	-	+	-	-	-
27	b ₂₆	-	+	+	-	-
28	b ₂₇	-	+	-	-	+
29	b ₂₈	-	+	+	+	-
30	b ₂₉	-	+	+	-	+
31	b ₃₀	-	+	-	+	+
32	b ₃₁	-	+	+	+	+

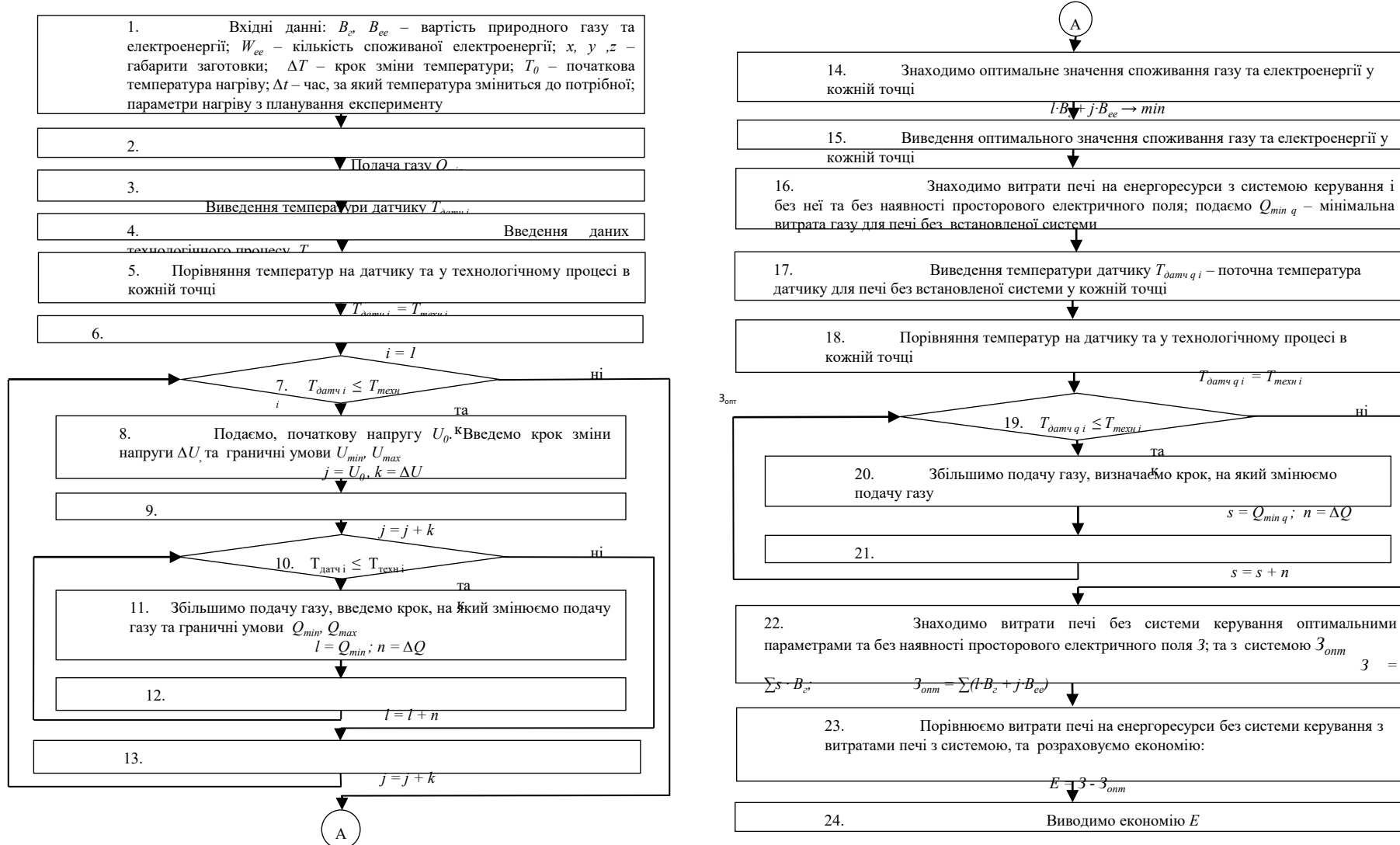
$$T = f(U, Q, x, y, z) = b_0 + b_1 U + b_2 Q + b_3 x + b_4 y + b_5 z + b_6 U Q + b_7 (U \cdot x) + b_8 (U \cdot y) + b_9 (U \cdot z) + b_{10} (Q \cdot x) + b_{11} (Q \cdot y) + b_{12} (Q \cdot z) + b_{13} (x \cdot y) + b_{14} (x \cdot z) + b_{15} (y \cdot z) + b_{16} (U \cdot Q \cdot x) + b_{17} (U \cdot Q \cdot y) + b_{18} (U \cdot Q \cdot z) + b_{19} (U \cdot x \cdot y) + b_{20} (U \cdot x \cdot z) + b_{21} (U \cdot y \cdot z) + b_{22} (Q \cdot x \cdot y) + b_{23} (Q \cdot x \cdot z) + b_{24} (Q \cdot y \cdot z) + b_{25} (x \cdot y \cdot z) + b_{26} (U \cdot Q \cdot x \cdot y) + b_{27} (U \cdot Q \cdot x \cdot z) + b_{28} (U \cdot Q \cdot y \cdot z) + b_{29} (U \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{30} (Q \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{31} (U \cdot Q \cdot x \cdot y \cdot z)$$

Q – витрата газу, м³;

U – напруга між електродом та пальником, В;

x, y, z – габарити заготовки

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕЧІ РАЗОМ З СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ



ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ТА ПЕРЕДБАЧУВАНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ В КАМЕРІ ПЕЧІ ЗА НАЯВНОСТІ ПРОСТОРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Програмний комплекс системи керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності просторового електричного поля в середовищі Excel

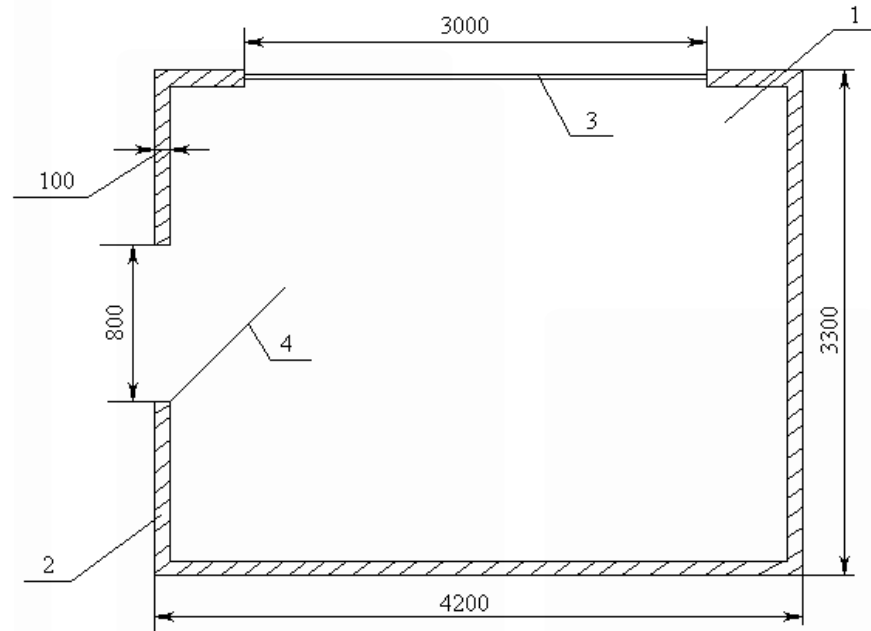
Передбачувані техніко-економічні показники

Вхідні данні			№	ti	Tтехн	Tдатч	Tдатч г	№	Ui	Qi	ΣЗ _{опт}	ΣЗ	Е
t	год	10	1	0				0	0	0			
Δt	хв	5	2	5				1	10	1			
Q min	м ³	0	3	10				2	20	2			
Q max	м ³	800	4	15				3	30	3			
ΔQ	м ³	1	5	20				4	40	4			
Bг	грн/м ³	9	6	25				5	50	5			
U min	В	0	7	30				6	60	6			
U max	В	1000	8	35				7	70	7			
ΔU	В	10	9	40				8	80	8			
Вее	грн/кВ*ч	1,8	10	45				9	90	9			
x	см		11	50				10	100	10			
y	см		12	55				11	110	11			
z	см		13	60				12	120	12			
			14	65				13	130	13			
			15	70				14	140	14			
			16	75				15	150	15			
			17	80				16	160	16			
			18	85				17	170	17			
			19	90				18	180	18			
			20	95				19	190	19			
			21	100				20	200	20			
			22	105				21	210	21			
			23	110				22	220	22			
			24	115				23	230	23			
			25	120				24	240	24			
			26	125				25	250	25			
			27	130				26	260	26			
			28	135				27	270	27			
			29	140				28	280	28			
			30	145				29	290	29			
			31	150				30	300	30			
			32	155				31	310	31			
			33	160				32	320	32			
			34	165				33	330	33			
...					
32			120	600				100	1000	100			

вхідні дані дані, що розраховує програма

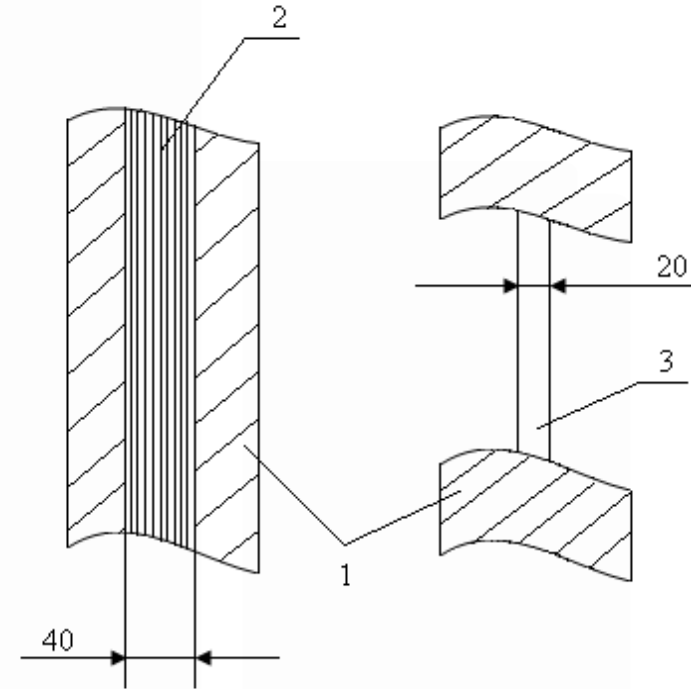
1. Витрати на регулятор подачі газу - 120 тис.грн;
2. Витрати на регулятор напруги - 7,5 тис.грн;
3. Споживання електричної енергії - 2,8 тис.грн/рік;
4. Економічний ефект - 800 тис.грн/рік;
5. Термін окупності - 2 місяці.

СХЕМА ЗВУКОІЗОЛЬОВАНОЇ КАБІНИ ТЕХНОЛОГА



1 — робоча зона; 2 — стінка kabini;
3 — одинарне вікно; 4 — двері.

$$R_{kab} \geq R_{kab.n.}$$
$$8,83 \geq 8 \text{ дБ}$$



1 — залізобетонна панель;
2 — стандартне полотно без ущільнювальних прокладок;
3 — органічне скло.

ВИСНОВКИ

1. В роботі досліджено енергоспоживання ПАТ «Дніпроспецсталь» та прокатного цеху зокрема, проаналізовані всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі з викатним подом, досліджено вплив електричного поля на процес формування теплових потоків в умовах підприємства.

2. Для підвищення ефективності камерної печі розроблено методику визначення оптимальних енергетичних параметрів пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування.

3. Створено структурну блок-схему керування оптимізованими за економічним критерієм енергетичними параметрами печі.

4. Розроблено відповідний алгоритм визначення оптимальних енергетичних параметрів печі разом з системою керування.

5. Розроблено програмний комплекс керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності електричного поля, за допомогою якого можна визначати оптимальні значення вихідних енергетичних параметрів системи керування елементами пічної установки, і таким чином, більш точно прогнозувати потенційну кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства і прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» зокрема.

6. Встановлено, що потенційно можлива економія за рахунок впровадження запропонованої системи керування та визначення оптимальних енергетичних параметрів печі складе не менше 800 тис. грн на рік. Сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту близько 130 тис. грн., строк окупності складає близько 2 місяців, що не перевищує нормативний.