

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Дашко Діана Валеріївна

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему "Система автоматизованого керування температурою повітря на виході рекуператора секційної печі"

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
 (повна назва)
 _____ Ткачовим В.В.
 (підпис) (прізвище, ініціали)
 «_____» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

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

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему "Система автоматизованого керування температурою повітря на виході рекуператора секційної печі",

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	07.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	14.05.2021
Визначення моделі об'єкта керування	Створення моделі шибера. Створення моделі рекуператорі. Створення моделі об'єкта керування.	21.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	25.05.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	27.05.2021

Завдання видано

_____ (підпис п.конс.)

Козарь М.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 19.04.2021

Дата подання до атестаційної комісії 08.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Дашко Д.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 63 стор., 30 рис., 11 табл., 31 джерел.

Предмет дослідження: автоматизація процесу керування температурою на виході рекуператорів.

Об'єкт дослідження: процес зниження температури димових газів на рекуператорах.

Мета проекту: Розробка проекту автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів та отримання моделі об'єкта керування.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиція, імітаційне моделювання, теорія автоматичного керування.

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та принципу його функціонування, що дає можливість сформулювати вимоги до функціонування системи керування та її програмного забезпечення.

На підставі аналізу технологічного процесу запропоновані аналітичні моделі шибера та рекуператорів за якими в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблено модель системи керування шибером та модель рекуператорів. Використовуючи отримані моделі створено модель об'єкта керування, яка подалі буде використана для створення та дослідження відповідної системи керування.

СЕКЦІЙНА ПІЧ, РАДІАЦІЙНИЙ РЕКУПЕРАТОР, КОНВЕКЦІЙНИЙ РЕКУПЕРАТОР, ТЕПЛООБМІН, ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ, ШИБЕР, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, БЕЗПЕРЕРВНИЙ ОБ'ЄКТ

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка завдання.....	7
1.1 Галузь промисловості	7
1.2 Технологічний процес	9
1.3 Об'єкт керування.....	12
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	12
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	14
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	15
1.4 Висновки по розділу	18
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	19
2.1 Розробка структурної схеми системи управління.....	19
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи управління.....	20
2.2.1 Вибір давачів.....	20
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	22
2.2.3 Вибір пристроїв управління.....	24
2.2.4 Вибір пультів оператора.....	27
2.2.5 Вибір джерел живлення.....	29
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	30
2.4 Розробка схеми електричної принципової.....	31
2.5 Висновки по розділу	32
3 Визначення моделі об'єкта керування.....	33
3.1 Модель системи керування шибером.....	33
3.2 Модель системи керування рекуператорами.....	34
3.3 Модель об'єкта керування.....	37
3.4 Висновки по розділу	39
4 Економіка.....	40

4.1 Обґрунтування доцільності автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.....	40
4.2 Розрахунок капітальних витрат для автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.....	42
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.....	44
4.4 Висновки по розділу.....	48
5 Охорона праці.....	49
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	49
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	50
5.3 Пожежна профілактика.....	55
5.4 Висновки по розділу	57
Висновки	58
Перелік посилань.....	60
Додаток А.....	64

ВСТУП

Підвищення продуктивності праці в усіх галузях промислового господарства при зменшенні числа зайнятих у виробництві людей і значному зменшенні частки ручної праці можна досягти шляхом інтенсифікації виробничих процесів і корінного технічного переоснащення промислових підприємств на базі комплексної автоматизації.

Одночасне розвиток технології виробництва і технології управління привело до створення таких виробничих процесів і типів обладнання, які неможливо експлуатувати в відриві від систем управління. Характерними прикладами є секційна піч і т.д.

Автоматизована система управління технологічним процесом відпустки суцільнокатаних труб в секційних печах на термоучастке призначена для вибору і підтримки оптимального режиму нагріву і відпустки труб в залежності від сортаменту труб і хімічного складу сталі, а також для оперативного інформування обслуговуючого персоналу про технологічних режимах і архівування інформації про технологічні та енерговитратних показниках. В результаті за рахунок застосування сучасних засобів автоматизації та нових технічних рішень вдалося досягти стабільності технологічних режимів - розкид температури в зонах не більше 2°C . Економія газу після впровадження склала від 10%.

Максимальний економічний ефект від автоматизації може бути отриманий, коли в процесі проектування технологічного агрегату передбачається його механізація, створюються резерви ресурсів управління і технологічний процес будується з урахуванням використання досягнень сучасної науки управління - кібернетики. Розрахунки показують, що капітальні витрати на автоматизацію об'єктів окупаються в 3-4 рази швидшою, ніж капітальні витрати на будівництво нових виробничих агрегатів. Крім того, підвищується і стабілізується якість продукції.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1. Галузь промисловості

В Україні металургія, з одного боку, залишається одним з основних видів промислової діяльності, забезпечуючи до 16% загального обсягу реалізованої промислової продукції, п'яту частину товарного експорту й більше 10 млрд доларів експортної виручки, понад 200 тис. робочих місць і приблизно 10% у загальній середньообліковій кількості штатних працівників у промисловості, що робить її стратегічно важливою для майбутнього розвитку вітчизняної економіки. З іншого боку, галузь відрізняється низьким рівнем екологічності виробництва – близько третини викидів шкідливих речовин в атмосферу загалом по економіці припадає на металургію, характеризується отриманням від'ємної або зовсім невисокої рентабельності операційної діяльності метпідприємств, низькими темпами зростання прямих іноземних інвестицій і слабкою інноваційною активністю. Це підштовхує металургійну промисловість до рішучих змін і гостро ставить перед нею завдання підвищення ефективності виробництва.

Найбільшими металургійними комбінатами в Україні є:

- "Криворіжсталь",
- "Азовсталь" (Маріуполь),
- "Запоріжсталь",
- Дніпровський (Дніпродзержинськ),
- Алчевський,
- Макіївський.

Розрив між виплавою сталі і її споживанням на внутрішньому ринку у 2018 р. становив 78,2%, або 16,5 млн т, дещо знизившись, порівняно з попередніми роками, внаслідок скорочення на 3,1 млн т виробництва сталі в Україні у 2018 р., порівняно з 2016 р., на тлі незначного зростання обсягу споживання металопродукції. Частка профіциту в загальному обсязі виплавки металу у

середньому впродовж 2013–2018 рр. становила 82,1%, або 20,5 млн т. Це свідчить про незатребуваність сталевих продукції на внутрішньому ринку, наслідком чого є життєва необхідність її експорту, що ставить галузь у залежність від зовнішніх ринків.

За загальними обсягами експорту металопродукції у 2018 р. Україна посідала 9 місце і 5 місце як нетто-експортер сталевих виробів, проте такий високий «ранг» не є досягненням, а навпаки, робить металургію надзвичайно вразливою з боку коливань світової економіки. У 2013–2018 рр. вітчизняні металурги знизили обсяг експорту майже на 40%, що стало причиною зменшення частки України на світовому ринку майже вдвічі – з 6% до 3,3%.

Нагрівальні і термічні печі металургійної та машинобудівної промисловості є одними з основних споживачів палива в країні, причому в них, як правило, витрачають найбільш цінні сорти палива: мазут і газ. У переважній більшості випадків промислові печі працюють з дуже низьким термічним ККД., Величина якого в виробничих умовах найчастіше не перевищує 20-30%. В 3-4 рази нижче ніж наприклад ККД сучасних парокотельного установок. Низький термічний ККД промислових печей обумовлюється в основному дуже великими втратами тепла та відходять димовими газами, що досягають іноді 50-65% від кількості тепла, підведеного в піч.

Кращим методом підвищення термічного ККД печей, а отже, і економії палива є повернення в піч частини тепла, що міститься в димових газах, підігрівом в рекуператорах повітря, використовуваного для горіння палива, а також підігрівом горючого газу.

Підігрів повітря не тільки забезпечує економію палива, але і підвищує температуру продуктів згоряння палива, що сприяє прискоренню процесів нагріву металу в печах і робить можливим застосування нових способів нагріву металу-швидкісного, безокисного, відкритим полум'ям і ін. Печі, призначені для роботи при високій температурі робочого простору і вимагають застосування

висококалорійного палива, при установці рекуператорів можуть працювати на менш якісному (місцевому) паливі без зниження продуктивності і погіршення технологічних умов нагріву.

Основними завданнями модернізації металургійного виробництва є зменшення його ресурсів та енергоємності, скорочення викидів шкідливих речовин, покращення умов праці (підвищення соціальної захищеності робітників і зниження рівня виробничого травматизму), переорієнтація на індивідуальні потреби й вимоги споживачів для зайняття нових ринкових ніш і закріплення на традиційних позиціях. Досягненню результатів сприятиме як технічне переозброєння виробництва у рамках вже існуючих технологій (наприклад, остаточне виведення мартенівських печей із заміною їх на конвертори й електропечі, будівництво нових, капітальний ремонт доменних печей тощо), так і їх поєднання з найсучаснішими «розумними» технологіями, такими, як інтернет речей, смарт-пристрої, інтелектуальне моделювання, цифровізація продукції і послуг, створення єдиного інформаційного управлінського середовища, використання предиктивної аналітики та ін.[1]

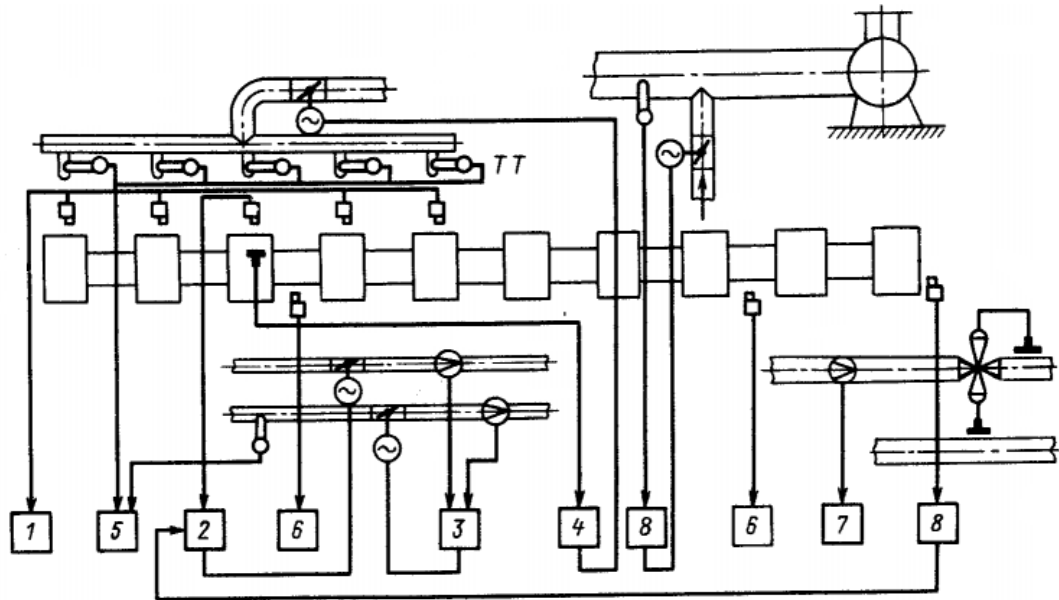
1.2. Технологічний процес

Виходячи з підручника “Автоматическое управление металлургическими процессами” за авторством Беленького А.М., піч працює наступним чином. Заготівля подається рольгангом до першої секції і входить в неї консольно до контакту з роликами в тамбурі між 1-й і 2-й секціями. Тому, щоб заготовка завжди мала опору на ролики, вона повинна бути достатньої довжини (бажано не менше трьох відстаней між осями роликів). Проходячи послідовно з однієї і тієї ж швидкістю по всіх зонах, нагріта заготовка видається на рольганг прокатного стану. Іноді в останній зоні печі заготовка рухається з більш високою швидкістю.

Відпрацьовані гази (дим) утворюються при спалюванні газу в двопровідних факельних пальниках низького тиску типу ГНП (I- III зона) продуктивністю - 80 –

150м³/час (750-1400кВт) и ГНП-6 (IV зона) продуктивністю –40 - 80м³/час (375 – 750кВт). У кожній секції встановлено по 2 пальника, всього 40 пальників на піч. Пальники розташовані в протилежних стінках робочої камери в різних рівнях для забезпечення вихреподібного циркулюючого руху диму навколо нагрівається заготовки. Такий рух диму сприяє збільшенню конвективної складової теплового потоку на метал, хоча промениста складова відіграє переважну роль, а також підвищує рівномірність нагріву металу.

Повітря на горіння подається за допомогою двох вентиляторів типу ВМ - 50 / 1000-16 (один з яких резервний) продуктивністю $Q = 50000\text{м}^3/\text{час}$, натиск $H = 1050\text{мм в. ст. (10,3 кПа)}$.



1 - температура секцій; 2 - температура зон; 3 - витрати газу і повітря на зону; 4 - тиск в зоні; 5 - температура повітря і контроль роботи рекуператора; 6 - температура заготовки в процесі нагрівання і на виході з печі; 7 - витрата палива на піч; 8 - відпрацьований газ перед екстаустером

Рисунок 1.1 - Схема технологічного процесу секційної печі

Система автоматичного контролю включає вузли для вимірювання наступних величин (рис. 1.1): температури секцій; температури зон; витрат газу і повітря на зону; тиску в зоні; температури повітря і контролю роботи рекуператора;

температури заготовки в процесі нагрівання і на виході з печі; витрати палива на піч; відпрацьованих газів перед ексаустером.

Для управління піччю в умовах мінливої продуктивності і різних впливів, що обурюють секційні печі обладнані наступними вузлами автоматичного регулювання (рис. 1.1): температури в зоні; співвідношення витрат газу і повітря на зону печі; тиску в зоні; температури диму перед ексаустером (захист ексаустера).

Відпрацьований дим виходить з секції у відносно холодний тамбур, а звідти вниз в димохід. Вертикальні димоходи від 3-5 тамбурів об'єднуються в один канал, в якому стоїть металевий радіаційно-конвективний рекуператор для підігріву повітря. Для виключення перепалу трубок металевого рекуператора дим перед рекуператором необхідно охолоджувати холодним вентиляторним повітрям. Після рекуператора дим йде до димаря по виходу до димаря.

Труби рекуператора виконані з жароміцної сталі - X25T. Поверхня нагріву одного рекуператора - 80м^2 . Продукти горіння збираються через тамбура до загального димоходу кожної зони печі і видаляються через 2 металеві труби висотою 30м.

У кожній димовій трубі встановлений газоаналізатор «OXITEC» визначає зміст O_2 у відхідних продуктах горіння.

Нагрівання заготовок в секційних печі проходить в 2-3 рази швидше в порівнянні з нагріванням в інших методичних печах і обмежений, головним чином, температурними напружками, що виникають в процесі нагрівання заготовок. Очікуваного в зв'язку з цим різкого зменшення окалиноутворення не відбувається. Справа в тому, що поверхня заготовок більше часу перебуває при високих температурах в порівнянні з тим, що є в інших методичних печах. Чад металу, що нагрівається в секційних печах перед прокаткою, становить 0,7-1,5%. [2]

1.3. Об'єкт керування

1.3.1. Загальна характеристика об'єкта керування

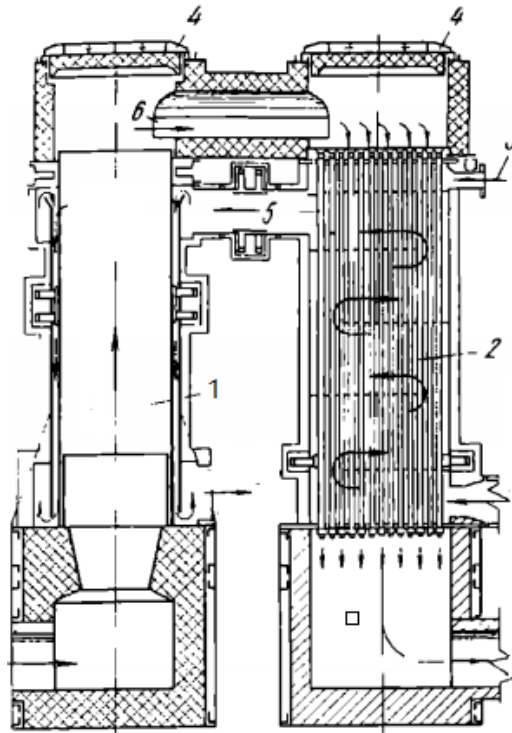
Використання фізичної теплоти повітря і газоподібного палива знижує витрату палива, так як вона отримана за рахунок охолодження димових газів перед викидом їх в атмосферу, тобто для нагріву компонентів горіння не витрачалася додаткова хімічна енергія палива. Цей спосіб скорочення витрати палива отримав назву: утилізація теплоти відхідних газів в рекуператорах або регенераторах.

Рекуператор - це теплообмінник стаціонарного режиму роботи, в якому теплота безперервно передається від димових газів до нагрівається газу (повітря або газоподібному паливу) через суцільну тверду стінку. Площа поверхні цієї розділяє стінки називають поверхнею теплообміну. Найчастіше стінка має циліндричну форму, тобто виконується у вигляді труби, всередині якої протікає один теплоносій, а зовні - інший.

Виходячи з підручника "Рекуператоры промышленных печей" за авторством Тебенюка Б.П радіаційний та конвекційний рекуператор складається наступним чином. Конвективний рекуператор складається з 151 труби з внутрішнім діаметром 47 мм і товщиною стінки 3 мм; довжина труб дорівнює 4,5 м; труби виконані з жароміцної сталі марки Х25Т; швидкість повітря в конвективному рекуператорі становить 4,0 м / с. Відносно низька швидкість повітря в конвективному рекуператорі (а звідси і мала величина відносини швидкості повітря до швидкості димових газів в рекуператорі) прийнята з урахуванням необхідності максимального зниження опорів на повітряному шляху для того, щоб сума втрат тисків від вентилятора до вагранки не перевищувала певної величини. Для запобігання стінок від перегріву в радіаційних рекуператорах підвищують швидкість підігрівається повітря (20-30 м / с).

За переважному увазі тепловіддачі від димових газів до стінки рекуператори можуть бути конвективними, радіаційними і конвективно-радіаційними.

На рисунку 1.2 показана радіаційно-конвективна рекуператорна установка, призначена для підігріву повітря, що подається в вагранку. Кількість підігрівається повітря становить 2500 м³ / год, температура його підігріву 600 ° С. Димові гази входять в рекуператорну установку з температурою 1050 ° С і виходять з неї (після конвективного рекуператора) з температурою 420 ° С.



1 - радіаційний рекуператор; 2 - конвективний рекуператор; 3 - повітря для охолодження верхньої плити; 4 - люкі для чищення димових поверхонь рекуператорів; 5 - повітряний з'єднувальний канал; 6 - димової з'єднувальний канал

Рисунок 1.2 - Комбінований радіаційно-конвективний рекуператор

Рекуперативні труби приварені до верхньої трубної дощці, а до нижньої дощці їх кріплять за допомогою сальникових ущільнень. Донний лист з боку входу димових газів захищений шаром жаростійкого бетону. Як радіаційний, так і конвективний рекуператори працюють з рухом димових газів за схемою протитечії.

У цьому рекуператорі, що складається з трубчастого радіаційного і трубчастого конвективного рекуператорів з проходом димових газів всередині

труб, радіаційний рекуператор працює за принципом прямого, а конвективний - противотока. При розташуванні конвективної частини безпосередньо над радіаційною обумовлюється компактність установки в плані, не змінюється напрямок руху димових газів в з'єднує димоході, а звідси і значно зменшується аеродинамічний опір на димовому шляху. [3]

1.3.2. Структура об'єкта керування

Радіаційно-конвективні комбіновані рекуператори застосовують при температурі яка входить до димових газів понад 1000-1100°C. Димові гази послідовно проходять спочатку радіаційний рекуператор, а потім конвективний, причому в радіаційному рекуператорі температура димових газів знижується до 750-850 ° C, а в конвективному від 750-850 до 350-450 ° C. нагрівається повітря (або газ) також послідовно проходить обидва рекуператора, але зазвичай спочатку конвективний, а потім радіаційний, нагріваючись в конвективному рекуператорі від 0 до 350-450 ° C і в радіаційному від 300- 400 до 650-800 ° C.

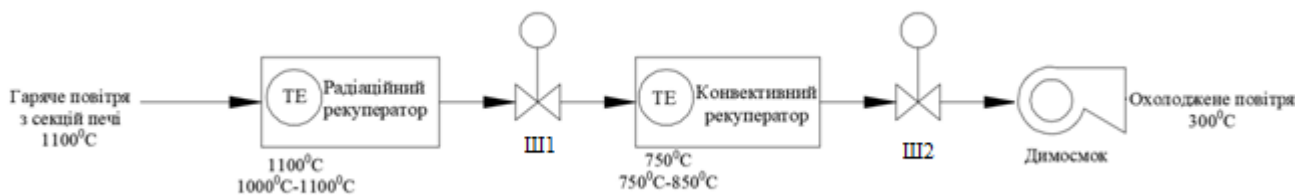
Таким чином досягають досить повного використання тепла димових газів при зниженні температури від 1100-1600 до 350-450 ° C, причому відповідно до діапазону зміни температури встановлюють найбільш оптимальний для цього діапазону рекуператор.

Захист димососів від перегріву здійснюється по імпульсу термометра ТХА, встановленого в димоході перед ним, в тому випадку, коли температура диму перевищить задане значення. Потенціометр здійснює позиційне керування виконавчим механізмом відкриває доступ холодного повітря в димар, для розведення продуктів згоряння і зниження їх температури.

Для забезпечення більш економічної роботи передбачається система захисту металевих рекуператорів, які досить часто виходять з ладу, так як секційні печі характеризуються дуже високими робочими температурами і наявністю теплових ударів в моменти різкої зміни продуктивності і переходу до режиму холостого ходу.

Крім цього, внаслідок різниці температур в секціях однієї зони режим роботи рекуператорів і температури підігріву повітря в них різні, що в свою чергу призводить до збільшення температурного перекосу в зоні.

Структура об'єкта керування працює наступним чином (рис. 1.3). Система регулювання температури рекуператорів включає хромель-алюмелеві термометр, що вимірює температуру першої секції кожного рекуператора. Сигнали надходять на багаточечний самопишущий і регулює потенціометр. Двохпозиційний регулятор потенціометра управляє виконавчим механізмом при поворотах шибера, встановлених в димоходах після рекуператорів. Зміна положення шиберів змінює перерозподіл диму між рекуператорами сусідніх секцій. Робочі межі кута повороту шиберів задаються при налагодженні вузла регулювання та встановлюються кінцевими вимикачами виконавчого механізму.



ТЕ - датчик термопарі; Ш1, Ш2 – шибери рекуператора.

Рисунок 1.3 – Структура об'єкта керування

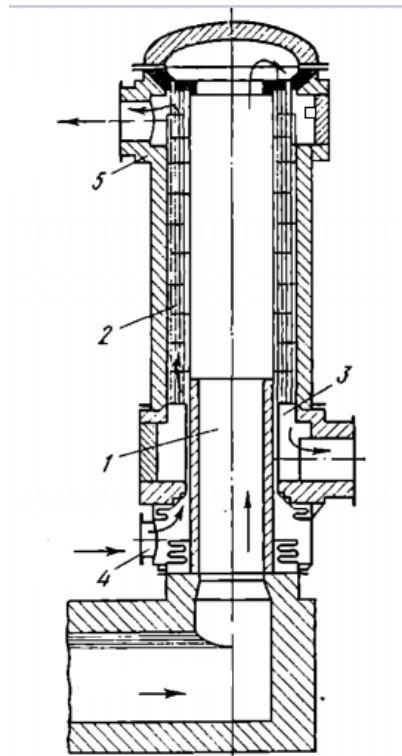
На ряді печей для захисту рекуператора від перегріву передбачають пропуск частини продуктів згоряння повз рекуператора або охолодження їх водою або повітрям. У цих випадках виконавчий механізм регулятора температури управляє регулюючим органом, що змінює витрата диму через байпас або витрата охолоджувача. [3]

1.3.3. Принцип функціонування об'єкту управління

Рекуператори являють собою пристрої безперервної дії, в яких повітря нагрівається від димових газів через розділяє їх стінку. Для печей в даний час застосовують в основному металеві рекуператори, які можна розділити на 2 групи

конвективні - з переважною передачею теплоти від продуктів горіння конвекцією і радіаційні - з переважною передачею теплоти випромінюванням. При температурі видаляються продуктів горіння перед рекуператором 900-1000 ° С зазвичай застосовують конвективні рекуператори, а при більш високій - радіаційні. Конвективні рекуператори найчастіше виконують із сталевих гладких труб. Труби з допомогою зварювання кріплять до коробок із сталевого листа, через які підводиться і відводиться повітря. [2]

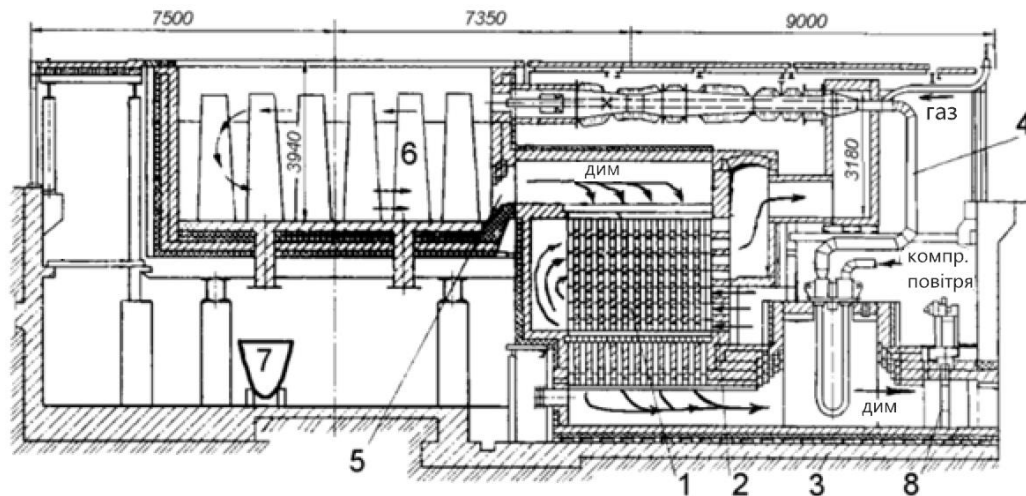
Димові гази надходять спочатку в радіаційну частину рекуператора(рис. 1.4), що представляє гладкий сталевий циліндр 1, знизу і рухаються вгору, повертають на 180 ° і проходять зверху вниз по трубах 2 конвективної частини рекуператора, звідки відбираються в кільцевої димової колектор 3.



1 - сталевий циліндр; 2 - труби конвективної частини рекуператора; 3 - димовий колектор; 5, 4 –патрубок

Рисунок 1.4 - Комбінований радіаційно-конвективний рекуператор, поєднаний в одній шахті

Повітря входить в рекуператор через патрубок 4, проходить від низу до верху близько труб конвективного частини рекуператора і нагрівається частково в радіаційної частини рекуператора і частково в конвективної. Через патрубок 5 нагріте повітря відбирається з рекуператора. Напрямок руху повітря в рекуператорі змінюється за допомогою напрямних перегородок. Таким чином, повітря рухається по схемі протівотока по відношенню до конвективної частини рекуператора і прямотока по відношенню до його радіаційної частини. Обтікання холодним повітрям вхідного кінця (найбільш теплонапруженого) циліндра радіаційної частини рекуператора і наявність в цьому місці великої маси металу труб конвективного частини, температура яких нижче, ніж циліндра радіаційної частини, обумовлюють підвищену стійкість найбільш теплонапружених зон рекуператора. З'єднання в одній шахті радіаційної та конвективної частин рекуператора робить його значно компактніше інших конструкцій при однакових теплових показниках. [3]



1 - керамічний рекуператор; 2 - канали для холодного повітря; 3 - металевий рекуператор; 4 - підведення компресорного повітря; 5 - димове вікно; 6 - злитки; 7 - шлакова чаша; 8 - димової шибер

Рисунок 1.5 - Схема рекуперативного колодязя з верхньої пальником

В колодязях рекуперативного типу тепловіддача від димових газів до газу і повітря для горіння відбувається в трубчастих рекуператорах. В колодязях

регенеративного типу теплопередача здійснюється через нагрівання димовими газами регенеративної насадки, після чого відбувається перенаправлення потоків і через насадку проходить вже газ і повітря для горіння, потім, коли насадка охолоне, знову відбувається перекидання клапанів і насадка знову нагрівається димовими газами, а газ і повітря нагріваються вже через іншу попередньо нагріту насадку.

1.4. Висновки по розділу

За результатами аналізу теплообміну рекуператора як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зроблено наступні висновки:

- об'єктом дослідження є процес зниження температури димових газів на рекуператорах;
- предметом дослідження автоматизація процесу керування температурою на виході рекуператорів;
- метою дослідження є отримання моделі об'єкта керування;
- об'єктом керування є підтримка температури на виході рекуператора;
- вхідним параметрам об'єкта керування є гаряче повітря яке йде з секцій печі;
- вихідними параметрами об'єкту керування є температура яка йде з радіаційно та конвективного рекуператорів;
- об'єктом керування є неперервний об'єкт;
- для визначення моделі об'єкта керування будуть застосовані результати аналізу технологічного процесу та літературні джерела;
- для визначення моделі об'єкта керування буде застосоване графічне середовище медитаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1. Розробка структурної схеми системи керування

В даній роботі об'єктом керування є підтримка температури на виході рекуператора. Це здійснюється за допомогою шиберів які встановлені між рекуператорів в димопроводі. Вхідні сигнали йдуть в пристрої керування з датчиків: датчики температури, датчики витрат палива-повітря та блоки контактори для шиберів та засувки. Вихідні сигнали йдуть з пристрою керування на виконавчі пристрої: шибер радіаційного рекуператора, шибер конвективного рекуператора, вентилятор димосмоку, вентилятор повітря, засувка газів та повітря.

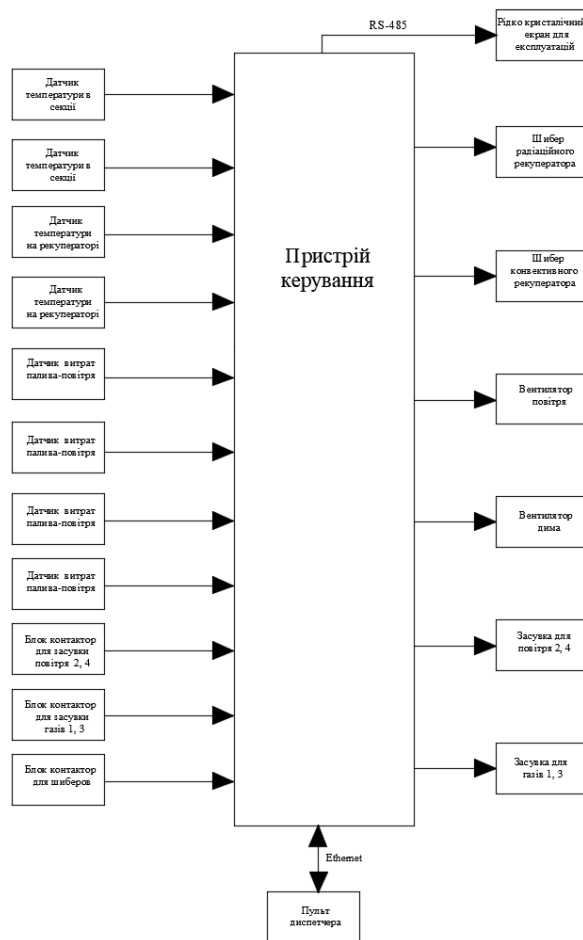


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

Сигнал з пульта диспетчера передається на пристрій керування та й навпаки, з пульта керування на пульт диспетчера. Для надання інформації обслуговуючому персоналу про стан технологічних параметрів використовується рідко кристалічний екран. Сигнали з пристроя керування передаються на рідко кристалічний екран передаються за допомогою інтерфейса RS-485. Зв'язок між пристроєм керування та пультом диспетчера здійснюється за допомогою порта Ethernet.

2.2. Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1. Вибір датчиків

Для контролю температурою на секція печі та в начальних секціях рекуператорів встановлені датчики термопар. Температура в секція печі досягає до 1100°C, а в начальних секціях рекуператорів від 750°C до 1100°C. За цією інформацією беремо датчик термопары ДТПН275М-И (рис 2.2) який вимірює температуру від -40°C до 1200°C. Підключення до пристрою керування здійснюється за допомогою аналогового сигналу з уніфікованим параметром 4-20 мА.



Рисунок 2.2 – Датчик термопары ДТПН275М-И з уніфікованим вихідним сигналом

Для повторного використання з секцій печі йде відпрацьований газ та повітря в рекуператор. Через це в газопроводі та повітропроводі встановлені датчики витратоміри. Так як з рекуператорів йде невеликий тиск газів та повітря будемо

використати витратомір повітря і газів - VA 521(рис. 2.3) який вимірює тиск до 1000 мбар. Підключення до пристрою керування для цього датчика здійснюється за допомогою з уніфікованого вихідного сигналів 4-20 мА.



Рисунок 2.3 – Використати витратомір повітря і газів - VA 521

На секційній печі встановлено 2 шибер та 6 засувки. На кожний шибер та засувку встановлено по два блоки контактори (рис 2.4). Один блок контакт для контролю відкритого стану, другий - для закритого. Підключення до пристрою керування для цього електропривода здійснюється за допомогою з уніфікованого вихідного сигналів 4-20 мА.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Блоки контакт: а)засувки; б)шибер

Технічні характеристики датчиків приведені на таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальні характеристики датчика

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура	Резистивний	Аналоговий	-40÷1200°C	± 5°C	4 ÷20 мА	1 с	24 В	0,8 Вт
2	Витрати газу, повітря	Термомассовий	Аналоговий	0÷1000 мбар	± 1,5 %	4 ÷20 мА	1 с	24 В	5 Вт
3	Блок контакт	Нормально замкнутими, роз'єднаними	Аналоговий	0÷100%	± 0,5%	4 ÷20 мА	1 с	24 В	-

2.2.2. Вибір виконавчих пристроїв

Для контролю руху повітря на рекуператорах застосовується шибери. В місці де знаходяться шибери присутня велика температура. Через це беремо шибер з великим теплостійкістю. Наприклад шибер ЗПВЕ-200 з електроприводом. Для дистанційного контролю положення шибера беремо його з електроприводом.



Рисунок 2.5 – Шибер ЗПВЕ-200 з електроприводом

Подача повітря в димопровід та в радіаційний рекуператор використовується завдяки вентилятору (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Вентилятор для димопроводу та рекуператора

Для подачі потужності на привід вентилятора використовуються магнітні пускачі за допомогою яких подається трифазний струм 380 В до асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором. Для вентилятора димопроводу беремо контактор 3-х полюсний GMC-50 (рис 2.7), а для вентилятора рекуператора беремо контактор 3-х полюсний GMC-12 (рис 2.7). Вентилятору димопроводу беремо контактор з вищим номінальним током, тому що в нього більший тепловий нагрів.

Крім контакторів для вентиляторів в системі присутні контактори для електроприводу шибера та засувки. Для них беремо контактор з мінімальним номінальним током, наприклад контактор контактор GMC-9 3-полюсний (рис 2.7).



Рисунок 2.7 – Контактор: а)GMC-50; б)GMC-12; в)GMC-9

Для контролю руху повітря та газів на газопроводі та повітропроводі використовуються засувки, по дві на кожний провід. Для дистанційного контролю положення засувки беремо його з електроприводом. Беремо засувку з електроприводом VFT6 та соленоїдний привід SR.



Рисунок 2.8 – Засувка з електроприводом VFT6 та соленоїдний привід SR

Технічні характеристики виконавчих пристроїв приведені на таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Загальні характеристики виконавчих пристроїв.

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміння	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Шибер	Закритий, відкритий	Дискретний	Вкл./Викл.	30 с	24 В	1 Вт
2	Контактор для вентилятор димосмоку	Нормально замкнутими, роз'єднаними	Дискретний	Вкл./Викл.	1 с	24 В	9 Вт
3	Контактор для вентилятор рекуператора	Нормально замкнутими, роз'єднаними	Дискретний	Вкл./Викл.	1 с	24 В	9 Вт
4	Засувка для газів та повітря	Закритий, відкритий	Дискретний	Вкл./Викл.	4 с	24 В	1 Вт
5	Контактор для засувок та шибера	Нормально замкнутими, роз'єднаними	Дискретний	Вкл./Викл.	4 с	24 В	9 Вт

2.2.3. Вибір пристроїв управління

В якості пристрою керування використовуємо програмований логічний контролер VIPA 300V 314-2BG03. Він був обраний тому що від підтримує

інтерфейс RS-485, який потрібний для рідко кристалічного екрану. Також тому що він має порт Ethernet, який потрібен для підключення пульта диспетчера. Для подальшого розвитку системи була обрана VIPA 300V, так як вона має велику швидкодію та багатозадачність. Технічні характеристики пристрою керування наведені в таблиці 2.3.



Рисунок 2.9 – Програмований логічний контролер VIPA 300V 314-2BG03

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики контролера VIPA 300V 314-2BG03

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	20,4÷28,8
2	Максимальна кількість модулів, шт.	8
3	Пусковий струм, А	8
4	Тип інтерфейсу	Ethernet
5	Підтримка інтерфейсу RS-485	Має
6	Підключення	RJ45
7	Робоча пам'ять, КБ	128
8	Потужність споживання, Вт	6

Для підключення датчиків до контролера використовуються модулі аналогового входів типу SM331. Кількість використовуваних аналогових модулів

становить 3 штуки. Підключення виконавчих пристроїв виконується завдяки модулями дискретного виходу типу SM323. Кількість використовуваних дискретних модулів становить 2 штуки.

Схема підключення контролера VIPA 300V 314-2BG03 до всіх датчиків та виконавчих пристроїв наведена на рисунку 2.10.

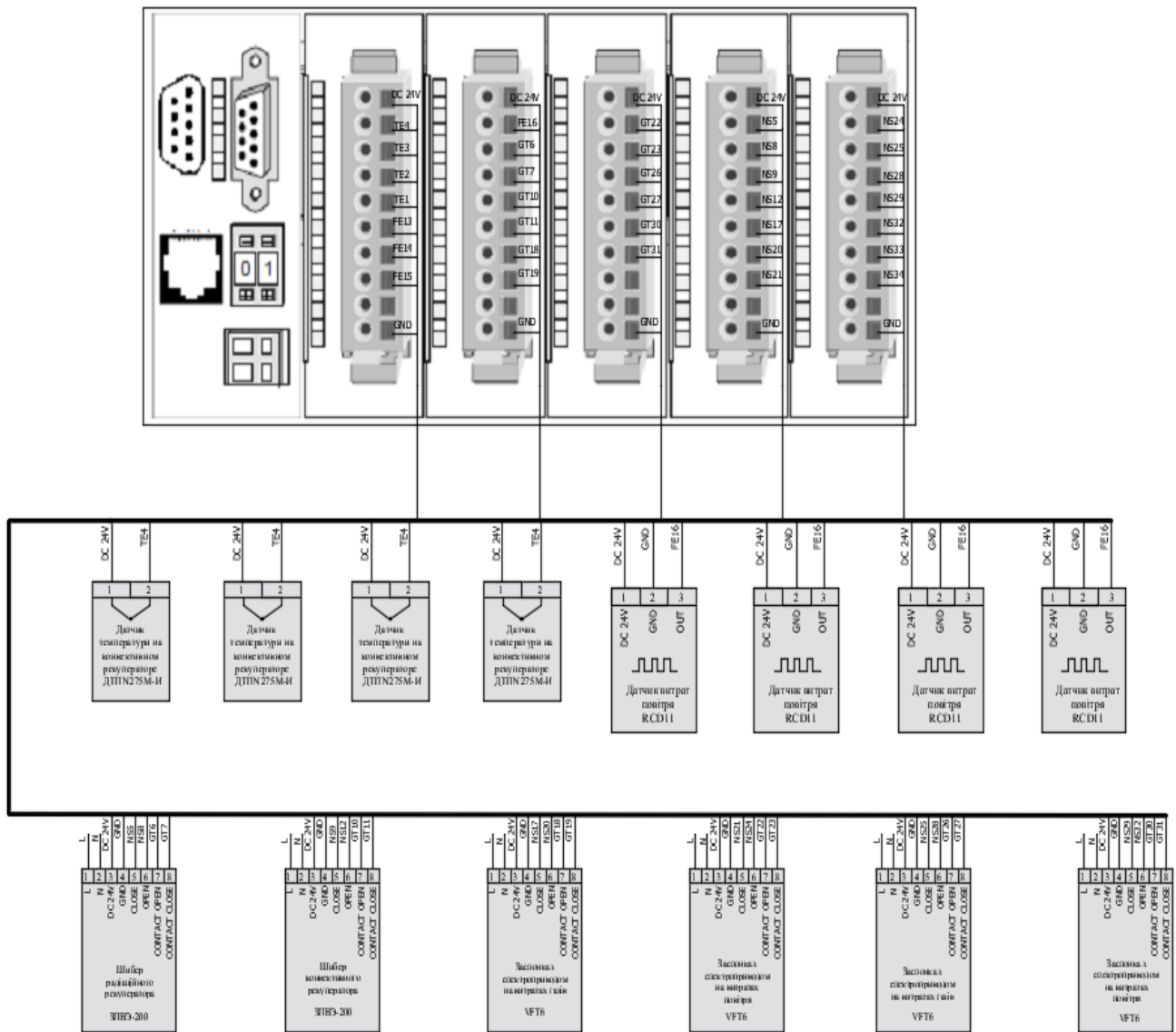


Рисунок 2.10 – Графічне зображення VIPA 300V 314-2BG03 та схема підключення датчиків та виконавчих пристроїв до контролера

На підставі обраного пристрою керування та схеми підключення датчиків і виконавчих пристроїв складено таблиця 2.4.

Таблиця 2.4 – Таблиця потужності споживання модулів з врахуванням давачів та виконавчих пристроїв

№	Назва модулю	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 300V 314-2BG03 (Разом з модулями)	Пристрій керування	24 В	40 Вт
		Сенсорна панель	24 В	6 Вт
2	Аналоговий типу SM331	Датчик температури	24 В	$4 \cdot 0,8 = 3,2$ Вт
		Датчик витрати	24 В	$4 \cdot 5 = 20$ Вт
		Блок контакт	24 В	-
3	Дискретний типу SM322	Шибер	24 В	$2 \cdot 1 = 2$ Вт
		Контактор для вентилятор димосмоку	24 В	9 Вт
		Контактор для вентилятор рекуператора	24 В	9 Вт
		Засувка для газів та повітря	24 В	$2 \cdot 1 = 2$ Вт
		Контактор для шиберів та засувок	24 В	$12 \cdot 9 = 108$ Вт
4	Всього потужності			199,2 Вт

Потужність споживання всієї системи керування становить 199,2 Вт. За цією інформацією вибираємо джерело живлення, яке по потужності буде більше чим споживання всієї системи керування.

2.2.4. Вибір пультів оператора

У якості пульта диспетчера був обраний персональний комп'ютер з підтримкою порта Ethernet (рис 2.11), так як саме через нього сигнал передається на контролер та на комп'ютер.



Рисунок 2.11 – Персональний комп'ютер з портом Ethernet

Також до контролера підключається сенсорна панель TP-612C (рис 2.12) з графічним інтерфейсом призначені. Панель використовують для зручного показу інформації з контролера на екран панелі. Зв'язок між контролером та панеллю створюється завдяки інтерфейсу RS-485.



Рисунок 2.12 - Сенсорна панель TP-612C

Схема підключення персонального комп'ютера та сенсорної панелі присутня на рисунку 2.13.

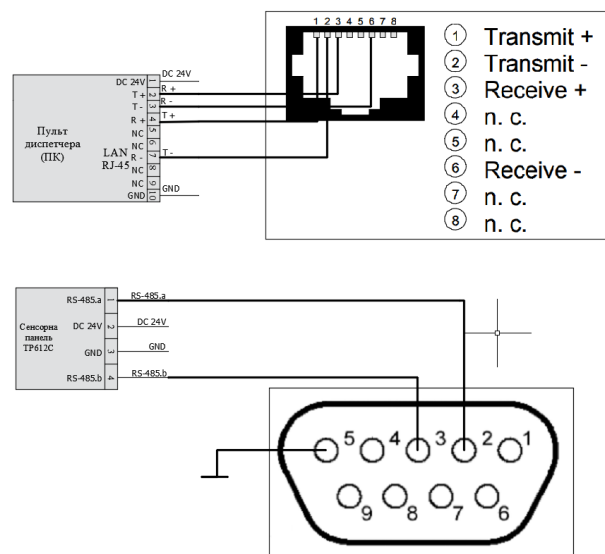


Рисунок 2.13 – Схема підключення контролера до пульта диспетчера та сенсорної панелі

На підставі обраного пульта диспетчера та сенсорної панелі складемо таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Пульти оператора

№	Назва панелі оператора	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Персональний комп'ютер	220 В	450 ÷ 500 Вт
2	Сенсорна панель TP-612С	24 В	6 Вт

2.2.5. Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер VIPA 300V 314-2BG03, модулі, датчики, та виконавчі пристрої мають напругу живлення +24В. Також як було показано в таблиці 2.4 треба брати джерело живлення з потужністю більше 199,2 Вт. Виходячи з того будемо брати джерело живлення типу SPB-240-24 (рис. 2.14) з вихідною напругою 24В та потужністю в 240 Вт. Обрання великої потужності було зроблено з того що джерело живлення передбачає подачу живлення на всю секційну піч. Технічні характеристики джерела живлення наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики джерела живлення

№	Найменування параметра	Значення
1	Вихідна напруга, В	24
2	Потужність, Вт	240
3	Температура навколишнього середовища, °С	-10÷+50
4	Вхідна напруга, В	100 -240



Рисунок 2.14 – Джерело живлення типу SPB-240-24

2.3. Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі обраного апаратного забезпечення була створена функціональна схема автоматизації яка приведена на рисунку 2.15.

В якості пристрою керування використовуємо програмований логічний контролер VIPA 300V 314-2BG03 (UY). За допомогою паралельного інтерфейсу до нього під'єднаний пульт диспетчера у вигляді персонального комп'ютера (UYR). Також до контролера під'єднана сенсорна панель TP-612C (LCD).

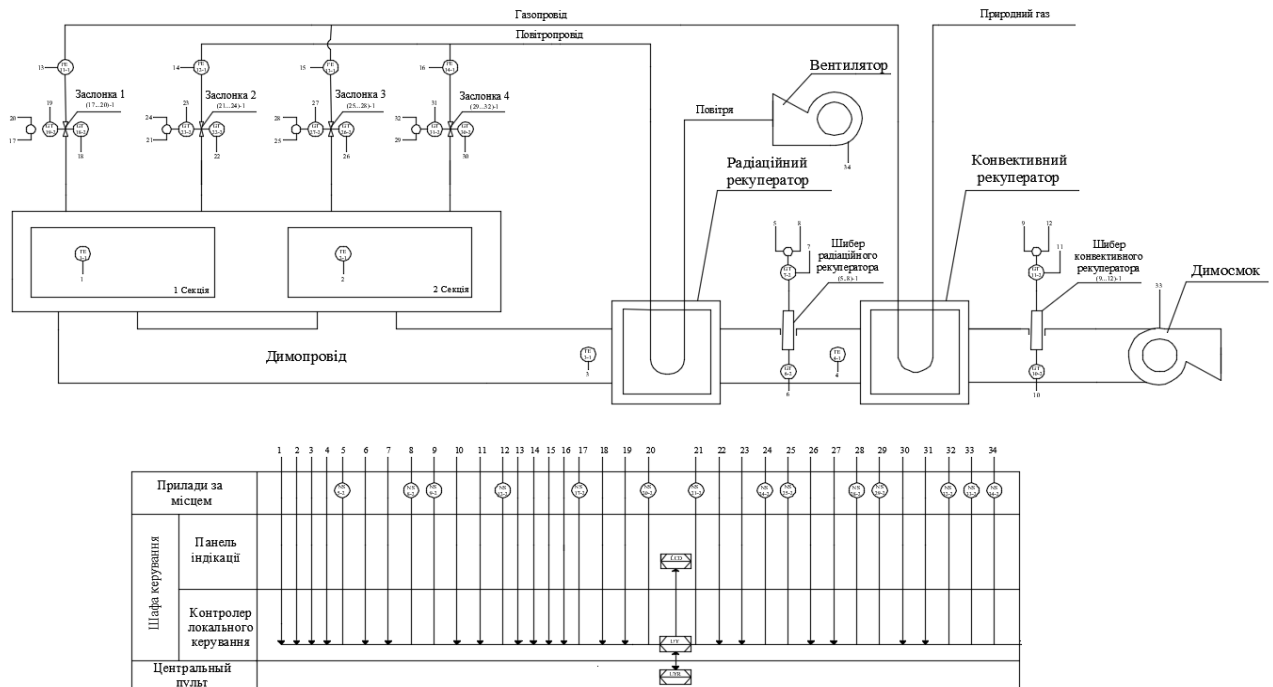


Рисунок 2.15 – Функціональна схема

Температура в секціях печі та в перших секціях рекуператорів контролюється за допомогою датчика термопари. В першій секції печі за допомогою (ТЕ 1-1), а в другий за (ТЕ 2-1). Контроль температури здійснюється за допомогою (ТЕ 3-1) на радіаційному рекуператорі, а в конвекційному за допомогою (ТЕ 4-1).

Використане повітря з секції печі виходить на димопровід, де потім потрапляє на рекуператори. Рух повітря в димопроводі виконується за рахунок вентилятора димосмоку. Контроль руху повітря здійснюється за допомогою шиберів ((5...8) – 1; (9...12)-1), які стоять на кінці рекуператорів. У шиберів встановлені по два блока контактів. Один блок контакт відповідає за відкриття шибера (GT 7-2; GT 11-2),

другий за закриття (GT 6-2; GT 10-2). На шибера також підключається магнітні пускачі (NS 5-2; NS 8-2; NS 9-2; NS 12-2) для пуску та розгону електродвигуна шибера.

Відпрацьоване повітря та газ з рекуператорів потрапляє в повітропровід та газопровід. Контроль витратами газів та повітря виконується за допомогою датчика витратомірами (FE 11-1; FE 12-1; FE 13-1; FE 14-1). Контроль руху повітря та газами виконується за допомогою засувками ((17...20)-1; (21...24)-1; (25...28)-1;(29...30)-1). На засувках встановлені по два блоки контактори. Один блок контакт відповідає за відкриття засувки (GT 19-2; GT 23-2; GT 27-2; GT 31-2), другий за закриття (GT 18-2; GT 22-2; GT 26-2; GT 30-2). На засувки також підключається магнітні пускачі (NS 17-2; NS 20-2; NS 21-2; NS 24-2; NS 25-2; NS 28-2; NS 29-2; NS 32-2) для пуску та розгону електродвигуна засувки. При проходженні засувок відпрацьований газ та повітря потрапляють на повторне використання в секції печі.

На вентиляторах для димосмоку та рекуператора присутні магнітні пускачі (NS 34-1; NS 33-1) для роботи приводів вентиляторів.

2.4. Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми та обраного апаратного забезпечення була створена принципіальна схема яка приведена на рисунку 2.16.

В якості джерела живлення використовується SPB-240-24 (G). Джерело живлення підключається до програмного логічного контролера VIPA 300V 314-2BG03 (A7). Дистанційне керування системою виконується за рахунок пульта диспетчера, який виконує роль персональний комп'ютер (PC). Зв'язок між контролерам та персональним комп'ютером виконується за рахунок порту Ethernet. До контролера також підключається сенсорна панель TP-612C (HG). Зв'язок між сенсорною панеллю та контролером виконується за рахунок інтерфейсу RS-485.

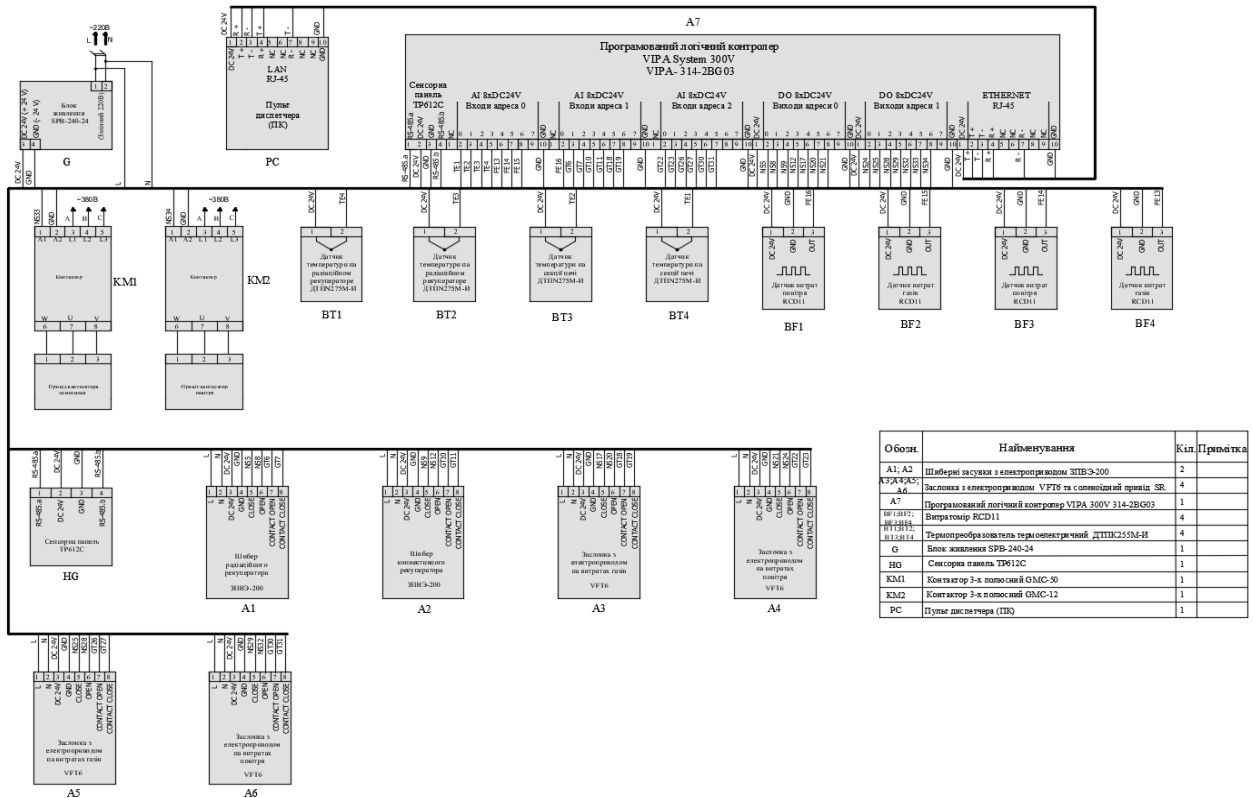


Рисунок 2.16 – Електрично принципова схема

До аналогова модулю контролера підключається датчики (BT1-4; BF1-4) та блоки контакти які встановлені в шиберах (A1;A2) та засувках (A3-6). До дискретного модуля контролера підключається контактори вентиляторів (KM1; KM2), контактори шиберів (A1;A2) та контактори засувок (A3-6).

Розроблена принципова схема дозволяє контролювати усі необхідні параметри для підтримці температури на виході рекуператора та змінювати їх за допомогою виконавчих пристроїв. На підставі обраного апаратного забезпечення та створеної схем далі буде виконано розробку програмного забезпечення.

2.5. Висновки по розділу

У розділі було розроблено структурну схему системи керування. Для системи керування були обрані датчики, виконавчі пристрої, пристрій управління, пульти оператора та джерело живлення. Були розроблені схеми електрична принципова та функціональна.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1. Модель системи керування шибером

Система керування шибером містить в собі об'єкт керування в якому присутні шибер з виконавчим механізмом. З технічних характеристик встановлено що при діаметри 80 сантиметрів швидкість відкривання шибера є 30 секунд, на моделі присутній електродвигун, але так як час його включення становить лише 0,75 секунд на моделі він не присутній. Мінімальне значення шибера на яке він може закритися становить 0 %, а максимальне на яке відкритися 100%.

За рахунок отриманого аналітичного опису розроблена модель шибера (рис. 3.1), яка складається з трьохпозиційного регулятора який реалізований на базі реле з від'ємним зворотним зв'язком та зоною нечутливості. На моделі також присутній елемент за допомогою якого задається час відкриття шибера та обмеження насичення, яке не дозволяє шиберу повністю закритися або відкритись. В моделі присутній елемент за допомогою якого здійснюється масштабування від моделі шибера до моделі рекуператорів.

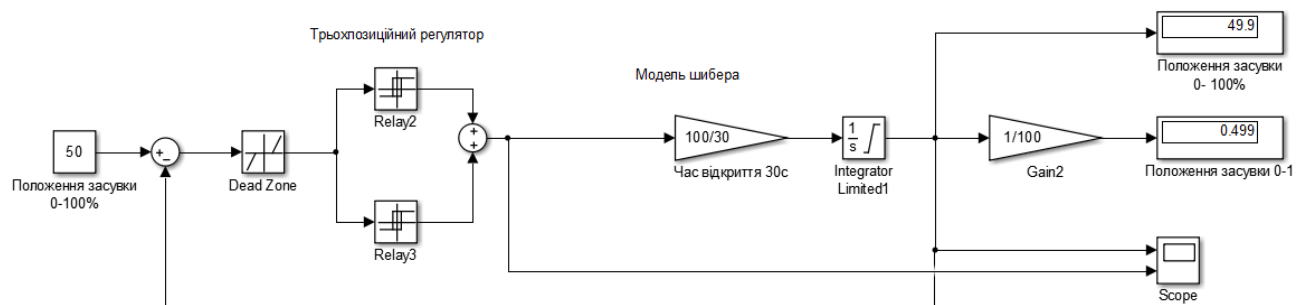


Рисунок 3.1 – Модель системи керування шибера

Система керування шибером виконую его відкриття та закриття за рахунок напівпровідникового реле. Система має три стани відкриття, закриття та підтримання заданого положення, що може бути задано при сигналів -1, +1 та 0. Реле працюють таким чином що при помилці керування +0,1 реле відкривається, а

при помилці керування $-0,1$ закривається. Керуючий сигнал для реле формується від'ємним зв'язком, зменшення коливання засувки виконується за рахунок полоси пропускання $-0,1 +0,1$.

На вхід моделі задається положення шибера від 0% до 100% , в даній моделі ми вибрали 50% , на виході отримується поточне положення шибера від 0% до 100% що потім переводиться на число від 0 до 1 . Це вихідне значення подалі відповідає за зміщення температури на моделі об'єкта керування.

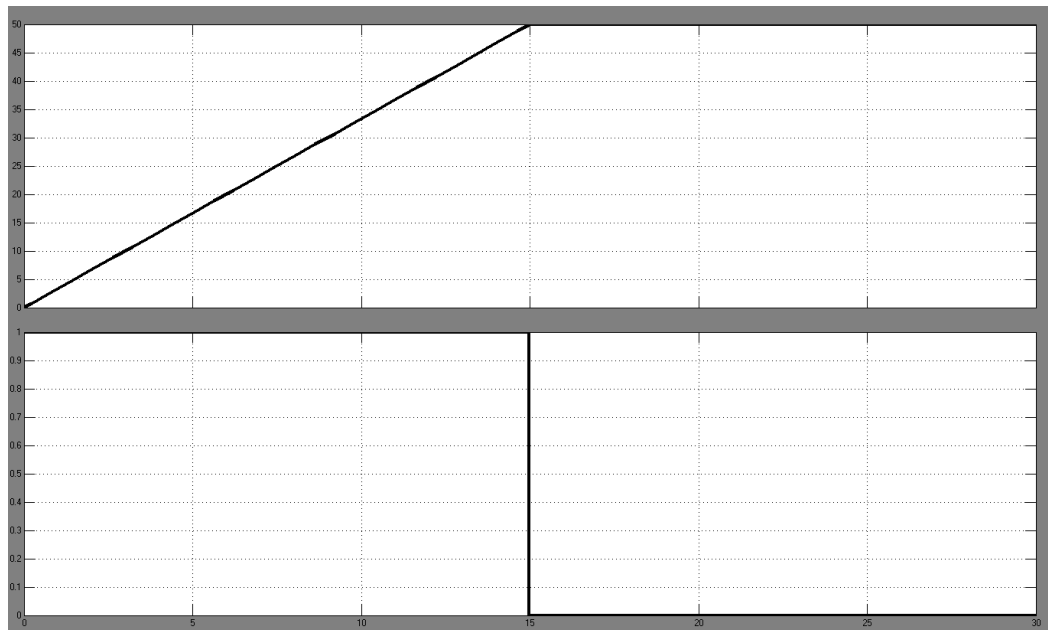


Рисунок 3.2 – Вихідне значення моделювання системи керування шибером

За рисунком 3.2 видно що система подавала вхідне значення 1 на протязі 15 секунд, потім вихідне значення достигло 50% та система припинило подачу вхідного значення.

3.2. Модель рекуператорів

Система керування рекуператорами складається з радіаційного та конвекційного рекуператора. Початок моделі починається з димосмоку (рис. 3.3) який подає розігріте повітря на рекуператори. Він може бути включеному або вимкненому стану, у разі якщо він вимкнений на модулі буде присутнє лише температура в зовнішнього середовища в 20°C .

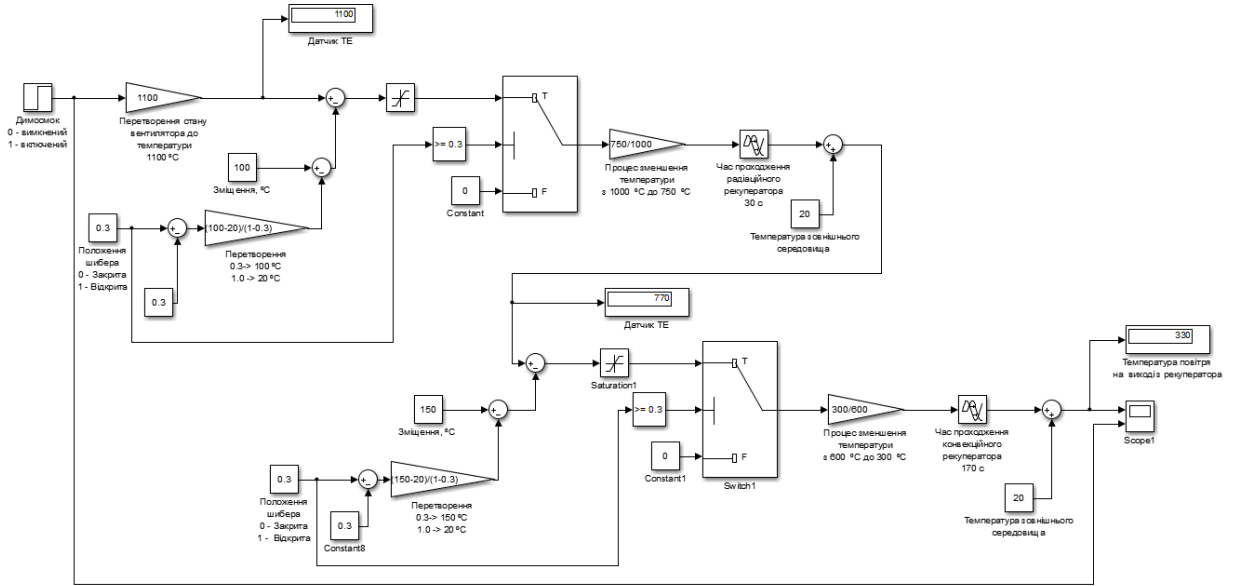


Рисунок 3.3 – Модель системи керування рекупераціями

Далі в моделі йде радіаційний рекуператор (рис. 3.4), температура на вході якого становить $1100 - 1000^{\circ}\text{C}$. Для контролю значень температури на початку рекуператора присутній датчик термопар. Для перекриття руху повітря на моделі маєтся шибер. Коли шибер відкритий на 30% температура повітря зменшується на 100°C . А коли шибер відкритий на всі 100% температура повітря зменшується на 20°C . Далі в моделі йде елемент який обмежує температуру не нижче чим 0°C або не більше чим 2000°C .

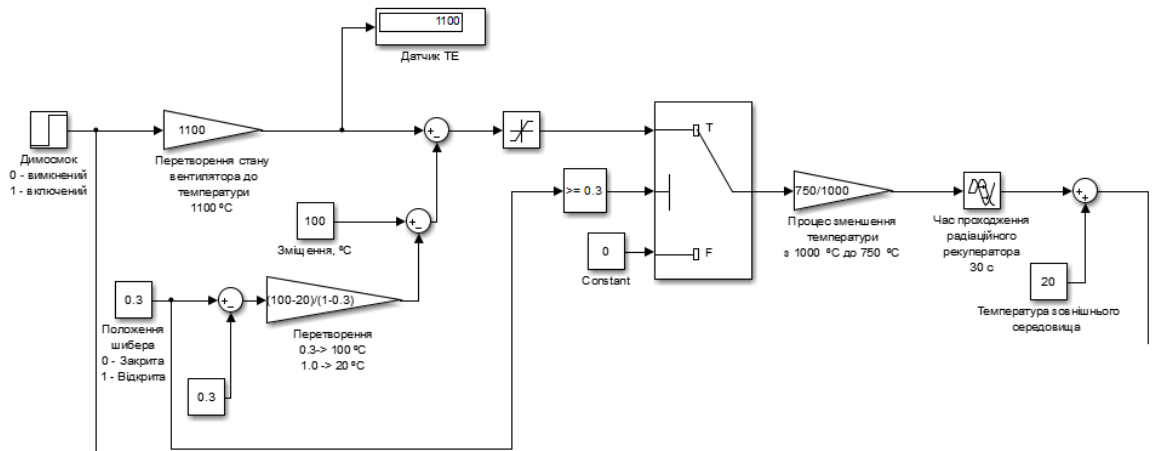


Рисунок 3.4 – Модель системи керування радіаційним рекупераціями

З виходу радіаційного рекуператора температура спадає до 810°C , якщо до цього шибер був відкритий на 100% або спадає на 750°C , якщо шибер був відкритий на 30%. У нашому випадку беремо що шибер був відкрий на 30%. До вихідний температури додаєм температуру зовнішнього середовища та отримаємо 770°C . За технічними характеристиками встановлено, що час проходження повітря в трубах радіаційного рекуператора становить 30 секунд.

Після радіаційного рекуператора йде конвекційний (рис. 3.5), температура на вході якого становить 770°C . Для контролю значень температури на початку рекуператора присутній датчик термопари. Для перекриття руху повітря на моделі мається шибер. Коли шибер відкритий на 30% температура повітря зменшується на 150°C . А коли шибер відкритий на всі 100% температура повітря зменшується на 20°C . Далі в моделі йде елемент який обмежує температуру не нижче чим 0°C або не більше чим 2000°C .

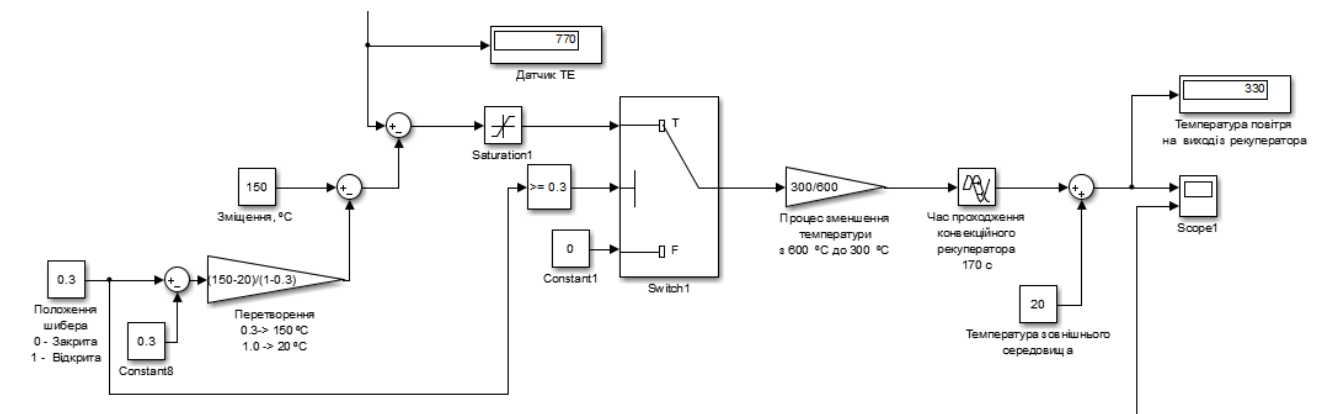


Рисунок 3.5 – Модель системи керування конвекційного рекуператорам

З виходу конвекційного рекуператора температура спадає до 375°C , якщо до цього шибер був відкритий на 100% або спадає на 310°C , якщо шибер був відкритий на 30%. У нашому випадку беремо що шибер був відкрий на 30%. До вихідний температури додаєм температуру зовнішнього середовища та отримаємо 330°C . За технічними характеристиками встановлено, що час проходження повітря в трубах конвекційного рекуператора становить 170 секунд.

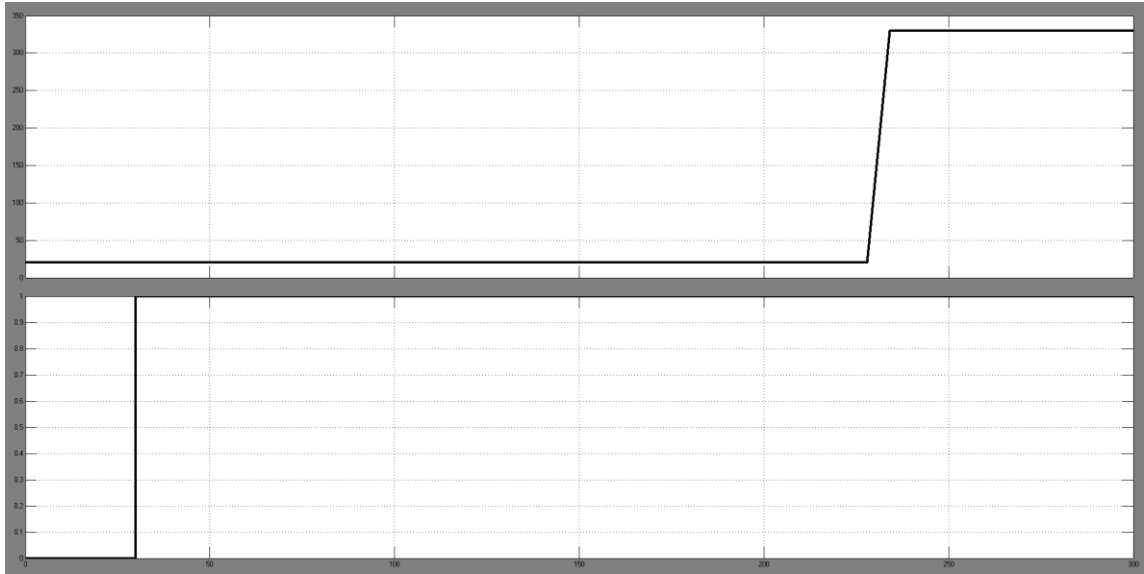


Рисунок 3.6 - Вихідне значення моделювання системи керування рекуператорами

За рисунком 3.6 видно що при включені димосмоку система починає йти з 20 °С до 330°С. Температура починає різко змінюватися так як на радіаційному рекуператорі присутнє холодне повітря яке йде з вентилятора. Система моделі починає збільшувати температуру повітря на 230 секунд і доходить до потрібного значення за 10 секунд.

3.3. Модель об'єкта керування

Модель об'єкта керування складається з моделі шибера та моделі рекуператорів (рис. 3.7). Як було описано вище в моделі рекуператорів присутній елемент шибер який стоїть біля радіаційного та конвекційного рекуператора, замість цього елемента ми ставимо нашу модель шибера. Змінюємо вхідне значення положення шибера на 31%, щоб на виході моделі шибера ми отримали значення 0,3. Змінюємо це значення для того щоб спрацювало зміщення температури та повітря продовжувало проходити через рекуператори.

Температура на моделі об'єкта керування змінюється від моді рекуператора на 1 – 1,5°С.

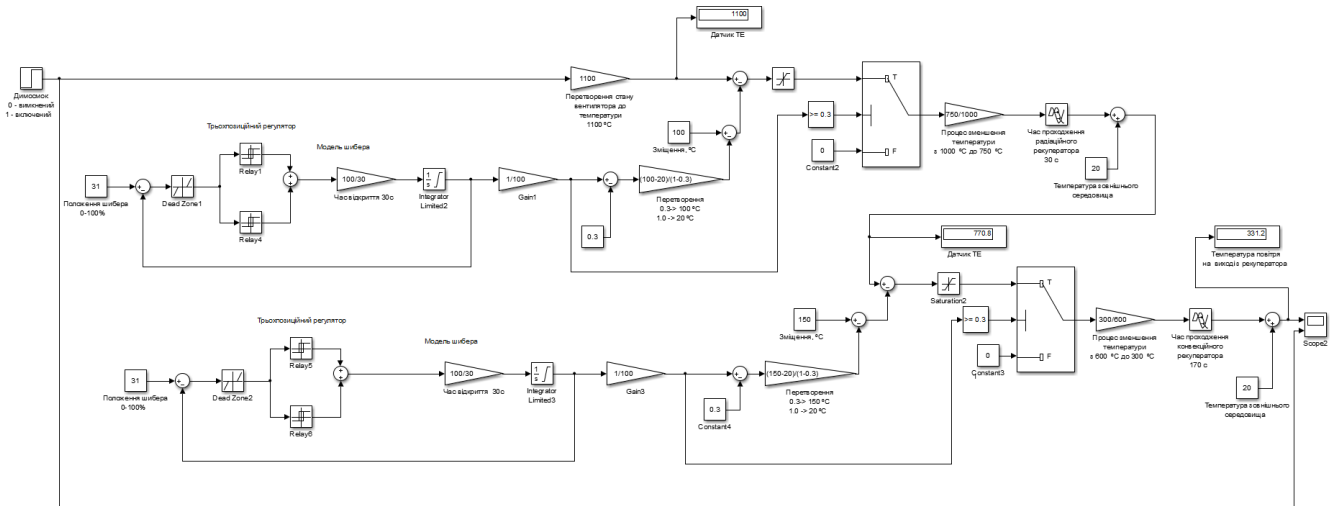


Рисунок 3.7 – Модель об'єкта керування

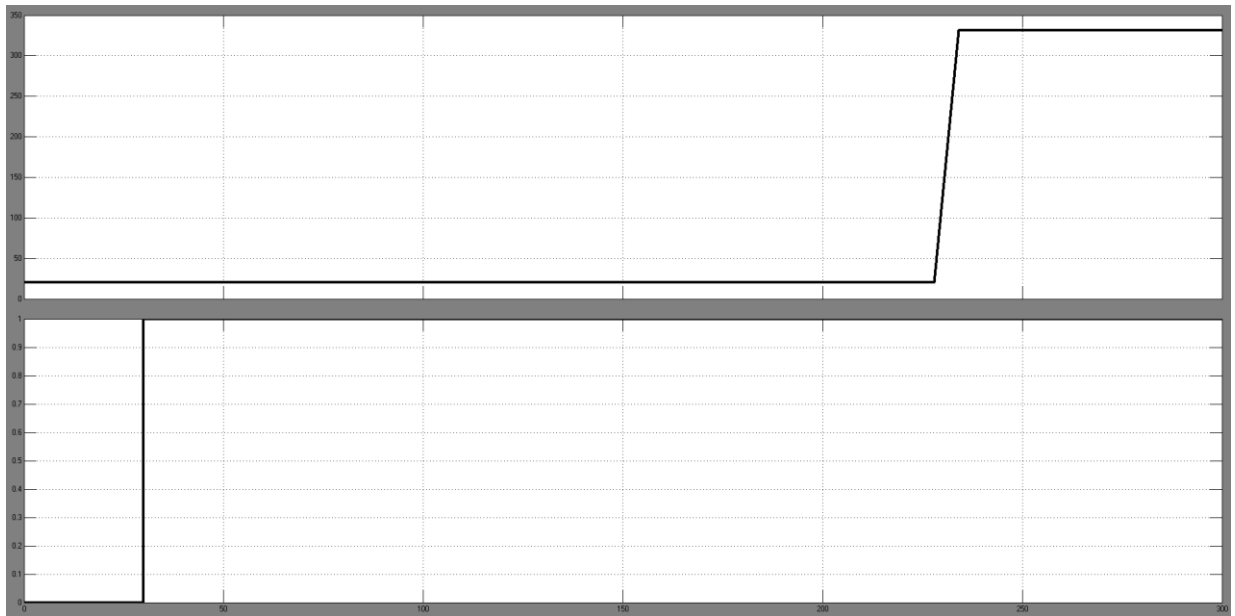


Рисунок 3.8 – Вихідні значення моделі об'єкта керування

За рисунком 3.8 видно що вихідні значення моделі об'єкта керування та моделі рекуператорів майже не відрізняються. При включенні димосмоку система починає йти з 20 °C до 331,2°C. Система моделі починає збільшувати температуру повітря на 230 секунд та доходить до потрібного значення за 10 секунд.

3.4. Висновки по розділу

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до функціонування системи керування та її програмного забезпечення.

На підставі аналізу технологічного процесу запропоновані аналітичні моделі шибера та рекуператорів за якими в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблено модель системи керування шибером та модель рекуператорів. Використовуючи отримані моделі створено модель об'єкта керування, яка подалі буде використана для створення та дослідження відповідної системи керування.

4 ЕКОНОМІКА

4.1. Обґрунтування доцільності автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.

Оцінка економічної ефективності систем автоматичного регулювання та керування є складним завданням, багато в чому яка визначається правильністю вибору критерію оцінки діяльності автоматизованого виробництва. Неправильний вибір такого критерія призводить до уповільнення технічного прогресу, необґрунтованим технічним рішенням та додаткових витрат. При оцінці випуску продукції валовими показниками без належного урахування підвищення якості пропадає стимул для впровадження автоматизованих систем, в основному спрямованих на підвищення цього показника роботи підприємства.

В умовах металургійної промисловості, що має невелику чисельність обслуговуючого основні агрегати персоналу, автоматизація не призводить до істотного вивільненню робочої сили. Однак поліпшення організації та роботи технологічних агрегатів повністю компенсує виникають при цьому додаткових витрати.

На допоміжних операціях (контроль, обробка, маркіровка, упаковка), які потребують численного персоналу, автоматизація дозволяє значно скоротити його чисельність і за рахунок цього отримати економічний ефект.

Критерієм оцінки роботи систем автоматичного контролю та управління найчастіше виступає термін окупності виробничих витрат. У деяких випадках в якості критерію використовуються прибуток, одержуваний додатково при автоматизації виробництва.

Отримання інформації і її використання для управління тих технологічного процесами пов'язані з витратами на придбання та експлуатації засобів контролю, автоматичних регуляторів, мікропроцесорів, обчислювальних машин і виконавчих пристроїв. Чим більше факторів ми вимірюємо, стабілізуємо, оптимізуємо, тим

дорожче керуючий обчислювальний комплекс та менше термін його окупності. Дослідження показали, що ефективність систем управління та витрати на їх придбання, монтаж, наладку і обслуговування пов'язані експоненціальною залежністю.

$$E = E_{\max}(1 - V_0 e^{-K/K_0}) \quad (4.1)$$

де E - ефективність впровадження даної АСУ;

E_{\max} – максимальна ефективність, відповідна повного об'єму інформації та повної автоматизації об'єкта;

K - вартість даної системи;

K_0 - вартість системи управління до початку робіт по автоматизації;

V_0 - коефіцієнт, що характеризує початковий стан об'єкта.

Аналіз формули (1.1) дозволяє зробити наступні висновки:

- Система автоматичного контролю і управління повинна бути економічно обґрунтована і визначено раціональний рівень автоматизації. Раціональний рівень автоматизації технологічних процесів у чорній металургії повинен враховувати економічні та соціальні аспекти завдань управління;

- Математичні моделі і алгоритми управління повинні бути економічно обґрунтовані. У більшості випадків достатньо мати моделі процесів і застосовувати системи управління, пристосовуються до постійно змінюваних умов роботи об'єкта управління;

- Створення систем управління доцільно вести поетапно, створюючи так звані ієрархічні системи. При цьому підвищує надійність і ефективність управління внаслідок можливості автономного функціонування нижніх рівнів. Найбільша ефективність застосування автоматизації досягається на

початкових етапах і впровадженні на всіх ділянках виробництва;

– Максимальний економічний ефект від автоматизації отримують при розробці нових технологічних процесів або конструкцій з залученням в повному обсязі заходів щодо механізації, створення резервів ресурсів управління, залучення досягнень науки і техніки в області автоматичного управління.

Коли на промисловій печі для економії палива встановлений рекуператор, виробничі витрати на нагрівання металу зменшуються не тільки через зменшення споживання пального на одиницю продукції, але й через збільшення продуктивності печі та зменшення браку по угару та інших показників, обумовлених повітряним опаленням. Оскільки досліджень у цій галузі мало, додаткову економію, отриману від нагрівання повітря в теплообміннику (зменшення металевого угару та поліпшення згоряння палива), важко співвідносити з різними умовами роботи теплообмінника, крім головного зменшення споживання палива .

4.2. Розрахунок капітальних витрат для автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.

Кошторис виробництва – це витрати підприємства, пов’язані з основною його діяльністю за певний період, незалежно від того, відносяться вони на собівартість продукції в цьому періоді чи ні. Таким чином, кошторис виробництва і собівартість загального обсягу продукції не співпадають.

Кошторис виробництва – це узагальнюючі по елементні витрати підприємства, показує ресурсну структуру (витрати на матеріали, персонал основні фонди), що надзвичайно важливо для аналізу факторів формування і зниження собівартості продукції.

Порядок розробки кошторису виробництва може бути різним, залежно від стадії планування, стану інформаційної бази та розміру підприємства.

На стадії величини витрат кошторис виробництва можна скласти коригуванням фактичних витрат за минулий рік.

Більш обґрунтовано кошторис виробництва обчислюється по кожному елементу на підставі планових обсягів продукції норм і цін. При цьому на малих підприємствах таке обчислення є узагальнення, на середніх і великих підприємств їх кошторис підсумовуючі кошторис витрат цехів служб і дільниць

Складаємо кошторис на придбання і монтаж даного обладнання.

Визначаємо вартість приладу і вартість монтажу.

Таблиці 4.1 - Перелік комплектуючих

№	Найменування витрат	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1	Контактор GMC-12	1	280,00	280,00
2	Контактор GMC-50	1	1695,00	1695,00
3	Контактор GMC-9	12	234,00	2 811,00
4	Джерело живлення SPB-240-24	1	3 336,00	3 336,00
5	Шибєрнізасувки з електроприводом ЗПВЭ-200	2	4 482,00	8 964,00
6	Датчик термопари ДТПН275М-И	4	1 185,00	4 740,00
7	Витратоміри VA 521	4	1 695,00	6 777,00
8	Засувка з електроприводом VFT6	4	3 101,00	12 404,00
9	Сенсорна панель TP-612C	1	78 242,00	78 242,00
10	VIPA 300V 314-2BG03	1	22 037,00	22 037,00
11	Модуль дискретныхвыходов SM 322	1	10 687,00	10 687,00
12	Модуль аналоговыхвходов SM331	1	9 281,00	9 281,00
Усього				161 254,00

Розраховуємо транспортні витрати V_T , грн. , за формулою:

$$V_T = (V_{\text{п}} * \%П_T) / 100, \quad (4.2)$$

де V_T – транспортні витрати, грн.;

$V_{\text{п}}$ – вартість приладів, грн.;

$\%П_T$ – процент транспортних витрат приймаємо у розмірі 15% .

$$V_T = \frac{161\,254,00 * 15}{100} = 24\,188,00 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж, введення в експлуатацію та налагодження системи включають заробітну плату слюсарів та електриків, а їх обов'язки включають такі

роботи. Ця робота буде завершена за три дні. Фонд заробітної плати включає 20% надбавки.

Таблиці 4.2 - Витрати на монтаж, пуск і налагодження системи

№	Найменування професії	Розряд	Кількість працюючих, чол	Тариф (грн/день)	Кіл-ть днів	Фонд зар. плати(грн)
1	Слюсар монтажник	6	1	500	3	1 500,00
2	Інженер електронщик	-	1	450	3	1 350,00
	Разом:					2 850,00
	ЄСВ (20%):					570,00
	Усього:					3 420,00

Визначаємо капітальні витрати K , грн. , на придбання і монтаж приладів системи автоматичного управління, за формулою:

$$K = V_0 + V_{tr} + V_m, \quad (4.3)$$

де V_0 – витрати на обладнання, грн.;

V_{tr} – витрати на транспортування, грн.;

V_m – витрати на монтаж та наладку, грн.

$$K = 161\,254,00 + 24\,188,00 + 3\,420,00 = 188\,862,00 \text{ грн}$$

Капітальні витрати на придбання, монтаж та налагодження приладів складають 188 862,00 грн.

4.3. Розрахунок експлуатаційних витрат для автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів.

Річні експлуатаційні витрати E_p , що проектується:

$$C_e = C_a + C_z + C_c + C_{p.t.o.} + C_{ee} + C_{інш}, \quad (4.4)$$

де C_e – річні експлуатаційні витрати, грн.;

C_a – амортизація основних засобів, грн.;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

C_c – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, грн.;

$C_{p.t.o}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн.;

C_{ee} – вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування, грн.;

$C_{інш}$ – інші витрати, грн.

Визначаємо амортизаційні відрахування C_a , грн. , за формулою:

$$C_a = (K_d * N_a) / 100 \quad (4.5)$$

де C_a – амортизаційні відрахування, грн.;

K – капітальне вкладення, грн.;

N_a – норма амортизації – 40% .

$$C_a = (188\,862,00 * 40) / 100 = 75\,544,00 \text{ грн.}$$

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{ном.рік} = (T_k - T_{вих.св} - T_{відп}) \cdot T_{зм} \quad (4.6)$$

де, T_k – календарний фонд робочого часу, дні ($T_k = 365$);

$T_{вих.св}$ – вихідні дні та свята, дні ($T_{вих.св} = 118$);

$T_{відп}$ – відпустка, дні ($T_{відп} = 21$);

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год ($T_{зм} = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 118 - 21) \cdot 8 = 1816 \text{ годин}$$

Безпосередньо у процесі задіяний один оператор.

Розрахунок річного фонду заробітної плати працівника проводиться відповідно до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок заробітної плати персоналу

Професія	Число працюючих, чол	Годинна тарифна ставка, грн	Номінальний річний фонд робочого часу	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата ()	Річний фонд заробітної плати
Оператор	1	45,50	1816	87360,00	8736,00	96 096,00

Відрахування на соціальні заходи складуть:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3 \quad (4.7)$$

$$C_c = 0,22 \cdot 96\,096,00 = 21\,141,00 \text{ грн.}$$

Річні витрати на технічне обслуговування, ремонт електрообладнання та мереж включають вартість матеріалів, запасних частин та заробітну плату обслуговуючого персоналу.

Витрати, пов'язані з обслуговуванням нового обладнання, становить 4% від вартості капітальних вкладень, тобто:

$$C_{p.t.o.} = 188\,862,00 \cdot 0,04 = 7\,554,48 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної автоматизованою лінією:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_d \cdot T, \quad (4.8)$$

де K_e – кількість електроенергії, що споживається автоматизованою лінією виготовлення зварної сітки за годину, кВт/год;

K_{op} – кількість днів у році, $K_d = 365$ днів;

T – тариф на електроенергію для підприємств, (тариф складає за квітень 2021 року 1,87 грн за кВт/год без ПДВ. З урахуванням ПДВ тариф складає 2,18 грн за кВт/год) $T = 2,18$ грн за кВт/год.

Виходячи з технічних характеристик споживання електроенергії автоматизації процесу керування температурою на виході рекуператорів за годину,

становить 0,2 кВт/год.

Витрати на електроенергію будуть становити:

$$C_{\text{е}} = 0,2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 2,18 = 1\,273,12 \text{ грн,}$$

Інші витрати з експлуатації системи містять витрати з охорони праці, на спецодяг та інше. Згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 5% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_z \cdot 0,05$$

(4.9)

$$C_{\text{інш}} = 96\,096,00 \cdot 0,05 = 4\,804,80 \text{ грн.}$$

За формулою 4.4 розраховуємо річні експлуатаційні витрати:

$$C_e = 75\,544,00 + 96\,096,00 + 21\,141,00 + 7\,554,48 + 1\,273,12 + 4\,804,80 = 206\,413,4 \text{ грн.}$$

Розраховані експлуатаційні витрати представлено в таблиці 4.4.

Таблиця. 4.4 – Експлуатаційні витрати

Найменування показника	Сума, грн
Сума нарахованої амортизації	75 544,00
Фонд заробітної плати	96 096,00
Відрахування на соціальне страхування	21 141,00
Ремонт і технічне обслуговування	7 554,48
Електроенергія	1 273,12
Інші витрати	4 804,80
Разом	206 413,4

Річні експлуатаційні витрати великі, але при цьому збільшується функціональні можливості системи автоматизації, рівень і якість технічної і програмної підтримки, можливості модернізації системи.

Кращий вибір - це система, яка максимально функціонально вирішує завдання, зберігає інформацію в єдиній базі даних, має інтерфейси для експорту-імпорту даних, ну і безумовно, має оптимальну вартість.

При виборі системи автоматизації дуже важливо, яким чином компанія-постачальник здійснює супровід свого програмного продукту, як проводиться первинне навчання.

Ефект від застосування системи автоматизації має як економічну складову (то, що так чи інакше можна оцінити в грошовому обчисленні), так і організаційну, іміджеву і т.д., що також має велике значення для розвитку підприємства і що в грошах, особливо в короткостроковій перспективі, порахувати важко або взагалі неможливо (наприклад, підвищення оперативності та якості управління, що дозволяє уникнути дорогих промахів і помилок, спрацювати швидше і ефективніше конкурентів).

4.4. Висновки по розділу

В розділі був проаналізований економічний стан автоматизацій керування температурою на виході рекуператорів . Був зроблений розрахунок капітальних витрат якій становить 188 862,00 грн.. При розрахунку капітальних витрат були розраховані: витрати на обладнання, витрати на транспортування та витрати на монтаж та наладку. Також були розраховані річні експлуатаційні витрати які становлять 206 413,4 грн.. При розрахунку річних експлуатаційних витрат були розраховані: амортизація основних засобів, заробітна плата обслуговуючого персоналу, відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, витрати на ремонт та технічне обслуговування, вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування.

5 Охорона праці

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перед початком переліку небезпечних факторів наведемо короткий опис технологічних причин через які ці фактори трапляються [12, 18, 20].

Секційна піч - прохідна піч для швидкісного нагріву перед прокаткою круглих заготовок довжиною від 3 метрів і діаметром до 200 мм і для термообробки довгих труб. Загальний розмір печі становить 38,6м³. Швидкісний нагрів забезпечується в результаті інтенсивного теплообміну при високій температурі печі. В секціях печі встановлений димопровід. Через нього гаряче повітря потрапляє до радіаційного та конвекційного рекуператора. Опалювання радіаційного та конвекційного рекуператора здійснюється за допомогою вентилятора повітря та природним газом. З виходів рекуператорів йде охолоджене повітря та газу. Вони потрапляють в газопровід та повітропровід. Вентилятор також встановлений на димопроводі. В печі присутні датчики температури та витрат які живляться від 24 В.

З цього короткого опису можна зробити висновок що небезпечними факторами є [12]:

- підвищена температури поверхонь обладнання, матеріалів (через гарячі труби та заготовки);
- підвищена температура повітря робочої зони (через велику температуру в секціях);
- підвищена загазованість повітря робочої зони (через газопровід);
- можливість травматизму електричним струмом (через датчиків температури та витрат з живленням 24 В);
- горючі, вибухові й отруйні випаровування та газу (через природний газ);

5.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці

З попереднього розділу можна зробити висновок що основні небезпечні факторами на секційній печі є:

- ураження електричним струмом рука – рука;
- мікроклімат;
- загазованість.

Розглянемо якими методами можна захистити працівників та обладнання від них. Починаючи з ураження електричним струмом рука – рука. На початку визначимо яку напругу отримає людина при дотику до двох фаз трифазної мережі. Визначаємо це за цією формулою [16, 18]:

$$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{м}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{м}}, \quad (5.1)$$

Де $U_{л} = \sqrt{3}U_{\phi}$ – лінійна напруга, В;

U_{ϕ} – фазна напруга, В;

$R_{м}$ – опір тіла людини, Ом (в розрахунках приймаємо 1000 Ом).

$$I_{л} = \frac{\sqrt{3*220}}{1000} = \frac{25,6}{1000} = 0,0256\text{А} = 25,6 \text{ мА}$$

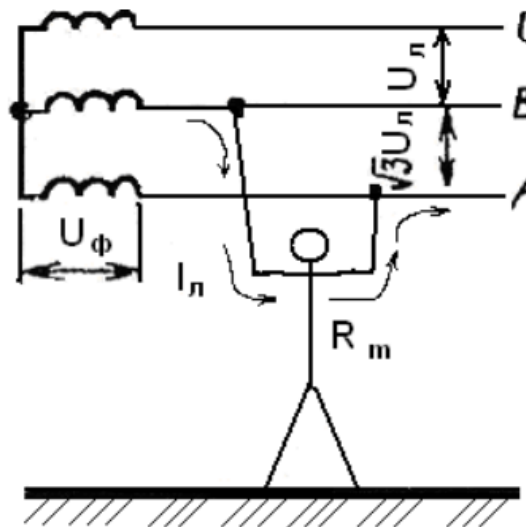


Рисунок 5.1 - Схема двофазного дотику до токоведучих частин

Зі значення 25,6 мА при дотику до двох фаз трифазної мережі впливає наступні дії на організм людини, такі як:

- дуже сильний біль в руках і грудях;
- дихання дуже ускладнено;
- при тривалій дії може наступити параліч дихання або ослаблення серцевої діяльності з втратою свідомості.

Для захисту людей від уражень електричним струмом в умовах термічного цеху застосовуються такі заходи:

- щорічна перевірка ізоляції;
- усі неізольовані струмоведучі частини електрообладнання, встановлені за межами електричної кімнати, оточені суцільним парканом та їх можна зняти або відкрити лише за допомогою спеціальних ключів або інструментів;
- застосування захисного занулення. Завдяки використанню схем із ізольованим нейтраллю та електричних приладів напругою до 1000 В змінного струму. Згідно з нормативами електричних приладів, при напрузі 1000 В допустимий опір заземлювального пристрою не перевищує 4 Ом (Пд = 4 Ом);
- застосування захисного відключення. Однофазне коротке замикання може статися в корпусі електричного обладнання в мережі, де є ізольований нейтраль. Захисний пристрій відключення (УЗО) має високу чутливість і швидкість. Їх струм відключення дуже малий (10-30 мА), тому вони реагують на струм замикання на землю та струм витоку, зменшуючи опір ізоляції мережі, а їх швидкість (0,1-0,2 с) забезпечує майже миттєве відключення установки;
- використання засобів індивідуального захисту.

Далі розглянемо як можна захистити працівників та обладнання від мікроклімату. Але спочатку розглянемо причини його створення.

Вологість в приміщенні цеху становить від 40% до 60%. Потік повітря не перевищує 0,1 м/с [13, 14, 18, 20]. На мікроклімат приміщення та теплові умови персоналу впливає скляна поверхня, яка часто перегріває будинок у теплу пору

року, а взимку значно остигає. Вдень склад повітря (хімічний, фізичний, бактеріальний) суттєво зміниться. Концентрація вуглекислого газу в повітрі зростає (0,07-0,1% для внутрішнього використання). Інтенсивність теплового випромінювання різних нагрівальних поверхонь, температура яких перевищує температуру у виробничому приміщенні, також суттєво впливає на параметри мікроклімату та стан організму людини [13, 14, 18, 20].

Для визначення стану мікроклімату в приміщенні цеху створимо таблицю 5.1 [13];

Таблиця 5.1 - Розгляд умов для роботи в приміщенні.

Дата вимірювання		28 травня			
Характеристика робочого місця		Не постійне			
Енерговитрати організму		255 ккал/год			
Категорія робіт		Важка III			
Період року		теплий			
Параметр мікроклімату			Задовольняє/не задовольняє	Висновки	
Найменування		Значення			
t,°C	Фактична	30	Не задовольняє	Збільшити значення на	-
	Оптимальна	18-20		Зменшити значення на	2-10 °C
	Допустима	13-28			
W,%	Фактична	45	Задовольняє	Збільшити значення на	-
	Оптимальна	60-40		Зменшити значення на	-
	Допустима	75			
V,м/с	Фактична	0,5	Задовольняє	Збільшити значення на	-
	Оптимальна	0,55		Зменшити значення на	-
	Допустима	0,6 - 0,5			

Параметри мікроклімату в даному приміщенні не задовольняють вимогам ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Для досягнення допустимих значень необхідно зменшити температуру повітря не менше, ніж на 2 °С, а відносну вологість повітря не менше, ніж на 5%.

Для нормалізації мікроклімату застосовується наступні дії [18, 27]:

- розумне використання вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найпоширенішим методом нормалізації мікроклімату на промислових об'єктах;

- У виробництві використовується спільна вентиляція, включаючи загальну та місцеву вентиляцію. Для видалення димових газів використовується механічна кришка у вигляді парасольки над виходом з печі. Повітряні завіси також використовуються у вигляді екранів у печах для обмеження дифузії гарячого повітря та газів.

- застосування, теплоізоляція та захисних екранів;

- всі операції з підготовки печі до пуску слід починати з вентилів печі шляхом відкриття димових шиберів. Наявність тяги в печі визначається смужкою тонкого паперу, підносимой отвору для запальника.

Тепер розглянемо заходи для уникнення загазованості повітря. Для безпечного використання газів треба знати як правильно розпалювати піч. Тобто треба[11, 29, 32]:

- включити механізм обертання колісного рольганга, пічних роликів і відкрити крани на підводі і відвід води на охолодження всіх водоохолоджуючих деталей печі;

- розпалити по одній пальнику в кожній секції печі, чергуючи їх в шаховому порядку (починаючи з крайньої по ходу газу в зонному газопроводі).

Розпал пальника робиться в такий спосіб:

- а) розпалити запальник, внести його в піч, через отвір для запалу і встановити біля гирла пальника;

- б) повільно відкрити засувку №11 на підводі газу до пальника;
- в) коли газ загорівся, відкрити дросельний клапан №16 на підводі повітря пальнику і відрегулювати стійке горіння при мінімальній витраті газу;
- г) якщо отримано стійке горіння, розпалювальний запальник прибрати;
- д) не можна форсувати роботу пальників до тих пір, поки кладка не досягне температури світіння - 600°C .

– нормально працює пальник повинен мати короткий факел блакитно-фіолетового кольору з зеленувато-блакитним ядром у вигляді конуса. При надлишку повітря полум'я стає безбарвним, поява жовтого або червонуватого кольору на кінці факела вказує на брак повітря;

– якщо під час розпалу пальника газ не загорівся або захопившись погас слід негайно вимкнути пальник, зробити витримку для провітрювання печі після чого всі операції по розпалювання пальника знову повторити, відрегулювати розрідження в Борове шибром;

– контроль і регулювання температури печі під час розігріву до 800°C здійснювати за показаннями переносного потенціометра, більше 800°C - за показаннями стаціонарних пірометрів;

– аналогічно розпалюються все наступні пальника;

– сушка і розігрів проводиться за спеціальним графіком;

– у міру необхідності підвищення температури розпалити по другій пальнику в кожній секції з будь-якого боку печі.

– під час розігріву печі зупиняти механізм обертання коліс, роликів забороняється;

– при досягненні в печі температури кладки $(800\pm 10)^{\circ}\text{C}$ перейти на заміну температури приладами, встановленими стаціонарно;

– розігрів вважається закінченим при досягненні температури печі $(1000\pm 20)^{\circ}\text{C}$.

5.3. Пожежна профілактика

Дотримання протипожежного режиму робітниками є основним методом боротьби з недопущенням пожеж як на підприємстві так і в жилому секторі. Там де дотримується протипожежний режим майже виключається можливість виникнення пожежі [28,31].

Одним з факторів, виникнення і розповсюдження пожеж є недотримання чистоти у робочих місцях: розкидані промаслені матеріали, розлив горючих рідин, погане прибирання відходів з деревини. Окрім того, складання горючих промаслених матеріалів на труби і батареї центрального опалення також спряжено з можливістю пожежі.

Тому у кінці робочого дня необхідно привести в належний порядок робоче місце, не кидати під ящики або верстати горючі матеріали.

Джерелами спалаху і вибуху можуть бути: відкритий вогонь, електричні іскри. Підвищений вміст в повітрі вуглекислого газу, водяних парів інертних газів, азот знижує концентрацію кисню в повітрі і інтенсивність вибуху.

До найбільш небезпечних місць вогневих робіт відносять зварку і різку метала, супроводжуючі собою бризки розплавленого металу, а також газів та парів, які можуть утворити з повітрям горючі суміші і відбудеться пожежа або вибух.

Легко спалахуючи і горючі рідини утворюють вибухонебезпечні парово-повітряні суміші, вони інтенсивно горять і погано піддаються загашенню.

Речовини, здатні до самозапалення навіть при звичайному збереженні на відкритому повітрі, до цієї групи речовин відносяться : цинковий пил, пірофорні металеві порошки, тонко роздрібнена сіра, волокнисті матеріали в технічному маслі.

Пожежна безпека горючих газів залежить в першу чергу від меж вибуху. Чим менше межі вибуху і більше границі між нижньою і верхньою межею вибуху, тим більш небезпечний газ.

Зупинка печі здійснюється за наступними діями [11,29,32]:

– тривала зупинка для ремонту печі або при відсутності труб з повним вимиканням газу проводиться в такому порядку:

- а) видати всі знаходяться в печі труби;
- б) закрити засувку № 11 і дросельні клапани № 16 на підводі газу і повітря до пальників;
- в) закрити засувку № 9 на підводах газу до зонним газопроводах;
- г) після закінчення двох годин після відключення пальників вимкнути дуттєвий вентилятор і вентилятор для розведення продуктів горіння перед рекуператорами;
- д) відкрити кран № 10 свічок зонних газопроводів, кран № 6 на тупикової свічці газопроводу і кран № 15 свічок зонних повітропроводів печі;
- е) закрити засувки № 1 і № 3 на підводі газу до печі і відкрити кран № 2 на свічці між ними;

– після повного охолодження печі зупинити механізм обертання роликів і закрити воду на охолодження роликів і поворотних шибєрів.

Аварійна зупинка печі здійснюється за наступними діями [11, 29, 32]:

– зупинки печі (перерви в роботі), пов'язані зі зниженням або значним підвищенням тиску газу або повітря, проривом газопроводу, припиненням подачі електроенергії, припиненням подачі води на охолодження роликів, виходу з ладу механізму обертання роликів, порушення цілісності кладки секцій вважаються аварійними. У всіх випадках терміст зобов'язаний діяти відповідно до «ПЛАС»;

– при аварійній зупинці печі необхідно припинити подачу газу на піч натиснути кнопку аварійної відсічення газу, що знаходиться на щиті КВП;

– при прориві газу через фланцеві з'єднання, одночасно виконати наступне:

- а) вимкнути пальники на печі;
- б) прикрити засувку № 3 на газопроводі до печі на величину відповідає тиску газу в газопроводі печі (90 ± 10) мм.в.ст. ($0,8 \pm 0,09$ кПа);

- в) закрити всі баньки печі;
 - г) встановити чергування для недопущення джерел займання газу в місці витоку.
 - при не значне підвищення тиску газу в газопроводі необхідно прикрити засувку № 3 на газопроводі до печі до одержання нормального тиску газу після засувки і повідомити про це начальнику зміни теплосилового цеху;
 - при зупинці вентилятора автоматично подається звуковий сигнал одночасно спрацьовує клапан безпеки № 4 - перекриває подачу газу в піч. У цьому випадку необхідно негайно закрити засувки № 1 і № 3, відкрити в кран № 2 на свічці між ними, потім провести повну зупинку печі і повідомити про це майстра термодільниці і черговому електрику. Після включення вентилятора розпалити пальники в установленому порядку;
 - при порушенні цілісності кладки секції перекрити подачу газу в секцію і повідомити про те, що трапилося майстру термодільниці;
 - у всіх випадках загоряння газу на газопроводах печі необхідно викликати газовиків теплосилового цеху, пожежну команду і ГСС.
- Персонал, який бере участь в ліквідації пожежі, надходить в підпорядкування керівника пожежної команди і виконує всі його вказівки.

5.4. Висновки по розділу

В розділі були проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори які можуть з'явитися на секційній печі. Проаналізовано шкідливі фактори такі як ураження електричним струмом рука – рука, мікроклімат та загазованість. Розроблені профілактичні засоби та пропозиції по ним. Проаналізована пожежна безпека та профілактика на секційній печі.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі предметом дослідження є автоматизація процесу керування температурою на виході рекуператорів. Об'єкт дослідження є процес зниження температури димових газів на рекуператорах. Мета проекту є отримання моделі об'єкта керування.

Було проаналізовано що об'єктом керування є підтримка температури на виході рекуператора, вхідним параметрам об'єкта керування є гаряче повітря яке йде з секцій печі, вихідними параметрами об'єкту керування є температура яка йде з радіаційно та конвективного рекуператорів, об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу неперервних об'єктів керування.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиція, імітаційне моделювання, теорія автоматичного керування.

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до функціонування системи керування.

На підставі аналізу технологічного процесу запропоновані аналітичні моделі шибера та рекуператорів за якими в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблено модель системи керування шибером та модель рекуператорів. Використовуючи отримані моделі створено модель об'єкта керування, яка подалі буде використана для створення та дослідження відповідної системи керування.

В розділі був проаналізований економічний стан автоматизацій керування рекуператором. Був зроблений розрахунок капітальних витрат який встановить 188 862,00 грн.. При розрахунку капітальних витрат були розраховані: витрати на обладнання, витрати на транспортування та витрати на монтаж та наладку. Також були розраховані річні експлуатаційні витрати які встановлять 206 289,3 грн.. При

розрахунку річних експлуатаційних витрат були розраховані: амортизація основних засобів, заробітна плата обслуговуючого персоналу, відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, витрати на ремонт та технічне обслуговування, вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування.

В розділі були проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори які можуть з'явитися на секційній печі. Проаналізовано шкідливі фактори такі як ураження електричним струмом рука – рука, мікроклімат та загазованість. Розроблені профілактичні засоби та пропозиції по ним. Проаналізована пожежна безпека та профілактика на секційній печі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Опис економічного стану металургії в Україні [Електронний ресурс] / 2019 – Режим доступу до ресурсу: <https://rating.zone/ekonomichnyj-ohliad-metallurhijnoi-haluzi-ukrainy/>
2. Беленький А.М. Автоматическое управление металлургическими процессами: уч.пособие / А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев, О.М. Блинов, В. Ю.Каганов. – М.: Металлургия, 1989. – 325 с.
3. Тебенков Б.П. Рекуператоры промышленных печей. М., "Металлургия", 1975. – 171 с.
4. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, Є.А. Коровяка, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 23 с.
5. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, О.О. Конопльова, В.О. Салова, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 40 с.
6. Стандарт вищої освіти України. Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень. Ступінь вищої освіти бакалавр. Спеціальність 151 Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології. МОН України. – Київ. – 2018. – 17 с.
7. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 27 с.
8. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення. Викладання та оформлення національних нормативних документів оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 61 с.

9. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.
10. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
11. Методичні дані з техніки безпеки з експлуатації секційної печі ВАТ «Інтерпайп НТЗ», 2018. – 1 с.
12. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
13. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
14. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
15. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
16. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
17. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
18. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
19. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
20. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю.

Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

21. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

22. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

23. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

24. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

25. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидючи. Загальні ергономічні вимоги

26. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

27. Методичні рекомендації до практичних занять з розрахунку промислової вентиляції з дисципліни «Охорона праці в галузі» та дипломного проектування для студентів усіх спеціальностей / В.І. Голінько, Я.Я. Лебедев, С.О. Алексеєнко, В.Г. Марченко. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2013. – 34 с

28. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (2375)

29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

30. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні

31. ДБН В.2.5-13-98*. Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд. Зі зміною № 1 (укр).

Додаток А – Відомість проекту

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка		
1			<u>Документація</u>					
2								
3	A4	КІВС.КВР.151.18ск.01.ПЗ	Пояснювальна записка	63	ПЗ			
4								
5			<u>Графічна частина</u>					
6								
7	A2	КІВС.КВР.151.18ск.01.Е2	Функціональна схема					
8			автоматизації	1	Е2			
9								
10	A2	КІВС.КВР.151.18ск.01.Е3	Схема електрична					
11			принципова	1	Е3			
12								
13	A4	КІВС.КВР.151.18ск.01.Д	Презентація	14	Д			
14								
15		КІВС.КВР.151.18ск.01.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ			
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
			Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.18ск.01.ТП			
Зм.	Арк.	№ докум.			Система автоматизованого керування температурою повітря на виході рекуператора секційної печі. Відомість проекту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Дашко						1	1
П. конс.	Козарь					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕФ, 151-18ск-1		
Н. контр.	Воскобойник							

