

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Науменка Андрія Юрійовича _____
(П.І.Б.)

академічної групи 151-18-1 _____
(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 Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату барабанного типу
(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ст. викл. Проценко С.М.			
Провідний консультант	ст. викл. Проценко С.М.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	ст. викл. Проценко С.М.			
Розробка програмного забезпечення системи	ст.викл. Бойко О.О.			
Економіка	ст. викл. Яремчук І.О			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2022

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

_____ Бубліковим А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Науменко А. Ю. _____ академічної групи 151-18-1 _____
(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 Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату
барабанного типу
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____.

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.	16.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	23.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	30.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	02.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	06.06.2022

Завдання видано

_____ (підпис п.конс.)

_____ ст.викл. Проценко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 16.05.2022

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2022

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

_____ Науменко А. Ю.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 58 сторінок, 28 рисунків, 21 таблиця.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є автоматизація парокотельних установок

Предметом дослідження є налагодження системи автоматичного регулювання парових котлів

Мета роботи підвищення ефективності процесу автоматичного керування парових котлів.

На основі аналізу процесу автоматичного регулювання барабанних парових котлів як об'єкту автоматичного керування використовуємо контролер ВІРА з необхідними модулями вводу – виводу та модулями живлення.

В результаті дослідження об'єкта керування за допомогою графічного середовища імітаційного моделювання Simulink, що входить до складу пакету MATLAB отримана динамічна характеристика.

Під час структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого або вищого порядку з запізненням.

За результатами параметрично ідентифікації встановлено, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого або вищого порядку з запізненням, а після були розраховані його параметри.

Розвитком роботи є використання отриманого об'єкта керування для його дослідження для отримання закономірностей та на їх підставі розробки принципів і методів керування об'єктом.

Ключові слова: ПАРОВІ КОТЛИ, ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, КЕРУЮЧИЙ ВПЛИВ, СТРУКТУРНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 Стан питання та постановка завдання.....	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	10
1.3 Об'єкт керування.....	15
1.4 Загальна характеристика об'єкту управління	19
1.5 Структура об'єкту керування.....	19
1.6 Принцип функціонування об'єкту керування.....	20
1.7 Формулювання задачі	21
1.8 Висновки по розділу	21
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування.....	22
2.1 Розробка структурної схеми системи управління	22
2.2 Розробка структурної схеми системи управління інформаційних потоків.....	22
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління	23
2.3.1 Вибір датчиків	23
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	26
2.3.3 Вибір пристроїв управління	28
2.3.4 Вибір пультів оператора.....	31
2.3.5 Вибір джерел живлення.....	32
2.4 Розробка функціональної системи автоматизації.....	33
2.5 Розробка схеми електричної принципової	34
2.6 Висновки по розділу	35

	5
3 Визначення моделі об'єкта керування	36
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи ..	36
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	37
3.3 Виконання експерименту	37
3.4 Структурна ідентифікація	38
3.5 Параметрична ідентифікація.....	39
3.6 Модель об'єкта керування.....	41
3.7 Висновки по розділу	42
4 Економіка	44
4.1 Розрахунок капітальних витрат	44
4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат	46
4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	47
4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати	48
4.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи	49
4.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт ..	49
4.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	50
4.2.6 Визначення інших витрат.....	50
4.2.7 Висновки по розділу	50
5 Охорона праці	51
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	51
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	51
5.3 Пожежна профілактика.....	54

	6
5.4 Висновки по розділу	55
Висновки	56
Перелік посилань.....	58
Додаток А – Відомість проекту	59

ВСТУП

Високі темпи розвитку промисловості нерозривно пов'язані з проведенням автоматизації. Завдання, які вирішуються при автоматизації сучасних виробництв, дуже складні і вимагають знання як пристрої різних приладів, а й загальних принципів складання систем автоматичного управління.

Сучасні парові установки є високоавтоматизованими установками. Автоматизація котлів—один із основних напрямків підвищення їх коефіцієнта корисної дії, зниження витрати палива, забезпечення безаварійності роботи.

При автоматизації людина звільняється від участі у виробництві, а функції управління виробничим процесом передаються автоматичним пристроям.

Ця робота показує один із можливих способів автоматизації парокотельної установки. Це дозволяє здійснювати контроль та регулювання з кабіни оператора.

В кінці кінців автоматизація істотно полегшує праця персоналу, який обслуговує парокотельну установку. Оператор може контролювати процеси регулювання і при необхідності вносити ручні дії.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Виробництво тепла не можливе без використання опалювального обладнання, яке класифікується залежно від типу та розмірів котельні. Котли та опалювальне обладнання дуже тісно переплітаються відразу з декількома галузями промисловості. Експлуатація котлів стосується безпосередньо галузі теплоенергетики. Водночас проектування, та виробництво котлів відносяться до галузі машинобудування.

Одним із напрямів машинобудування в Україні є енергетичне машинобудування, яке включає виробництво устаткування для електростанцій і підстанцій: опалювальне обладнання, турбіни.

Котельні є основним джерелом тепlopостачання для середніх і малих міст.

Котельня — розташована в одному технічному приміщенні установка, яка складається з котла і допоміжного обладнання для отримання водяної пари за рахунок палива, що спалюється. Основним пристроєм котельні є паровий, жаротрубний та/або водогрійний котел.

Котельні використовуються при централізованому тепло- і паропостачанні або при місцевому постачанні, якщо ця котельня локального значення. Котельні з'єднуються зі споживачами за допомогою теплотраси і / або паропроводів. Теплові мережі ділять на магістральні, квартальні та місцеві.

Основними видами палива є газ – 67%, тверде паливо – 31%, рідке паливо – 1,5% .

Частка централізованого опалення у структурі тепlopостачання складає 42%, централізованою системою тепlopостачання забезпечується близько 60% загальної площі, гарячим водопостачанням і понад 40% загальної площі житлового фонду України.

Споживачами теплової енергії є житлово-комунальний сектор, промисловість та інші галузі економіки.

Основними споживачами котельного обладнання є підприємства «Теплокомуненерго». Однак попит на нього з боку інших підприємств також постійно зростає. Кількість продажів становить кілька тисяч комплектів котельного обладнання щорічно.

За даними Держкомстату, за 2011 рік теплопостачання населених пунктів України забезпечують 8236 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується 35 073 котелень, сумарною потужністю 120298,7 Гкал/год.

Загальна кількість установлених котлів становить 79 746 одиниць, з них 16 032 котлів (20,1%) з терміном експлуатації більше 20 років. Протяжність теплових мереж у двотрубному обчисленні становить 33 122,7 км, з них старих та аварійних — 4 865,5 км, що становить 14,69% від загальної протяжності мереж.

За даними Держкомстату, за 2012 рік, теплопостачання населених пунктів України забезпечують 8250 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується 35424 котелень сумарною потужністю 117783,4 Гкал/год.

Загальна кількість установлених котлів становить 80 070 одиниць, з них 15 871 котлів (19,8%) з терміном експлуатації більше 20 років. Протяжність теплових мереж у двотрубному обчисленні становить 32 428,8 км, з них старих та аварійних — 5 876,6 км, що становить 18,12 % від загальної протяжності мереж.

Чимало вітчизняних підприємств займаються виробництвом газових водогрійних і парових котлів.

Загалом на даному ринку функціонують такі вітчизняні підприємства, як «Барський машинобудівний завод», ДП «Чернівецький металообробний завод», ЗАТ «Укркотлосервіс», ЗАТ «Житомирремхарчомаш», ЗАТ «Промінь», ТОВ «Азовмаш-терм», ПАТ «Бердичівський машинобудівний завод «Прогрес», ОП «Кримтеплокомуненерго», ОПО «Харківтеплокомуненерго», ПП «Інститут Укроргстанкінпром», ТОВ «Теплові системи.

Лідируючі позиції на ринку займають ТОВ «КОЛВІ», «Житомир», «Гелиос», «Титан», ВАТ «РОСС» та ЗАТ «Маяк».

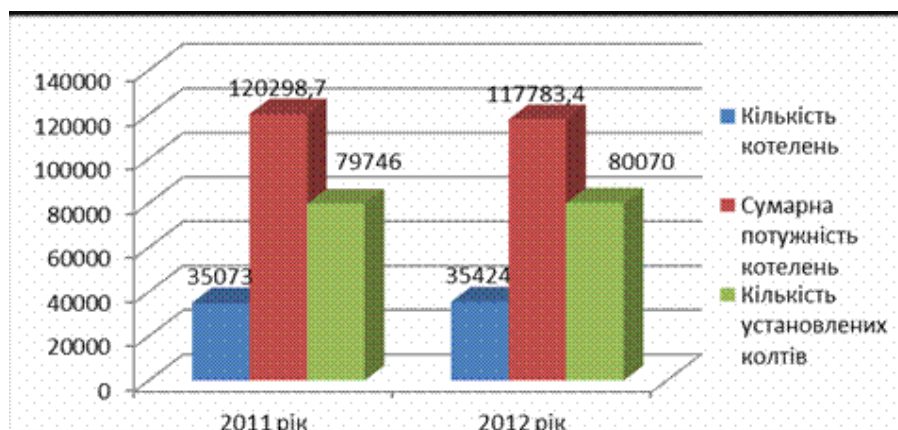


Рисунок 1 – Зміни кількості котелень та котлів в Україні

Імпортні котли уже займають великого частину українського ринку опалювального обладнання. Імпортна продукція славиться якістю, надійністю та економічністю. Опалювальне обладнання в Україну поставляють 30 компаній з різних країн. Серед найбільш відомих можна назвати котли таких німецьких фірм, як Bosch, Riello, Viessman, Wulf.

1.2 Технологічний процес

Парокотельні установки призначені для одержання пари заданих параметрів, шляхом випаровування води під дією тепла, отриманого при згорянні топкових газів. Вони є на багатьох хімічних підприємствах

Парокотельна установка складається з двох основних частин: котла та топки. У котел безперервно подається вода, що компенсує втрати при пароутворенні.

Робота котла складається з таких основних пов'язаних між собою процесів:

1. Спалювання палива, що надходить у топку. У ньому беруть участь паливо та повітря. Внаслідок цього утворюються димові гази.
2. Передача тепла від продуктів згорання стін котла та від них до води.
3. Нагрівання води до кипіння та перетворення її на пару.
4. Відведення димових газів із газоходів в атмосферу.

Носієм енергії є паливо. Паливо, яке постачається газопроводом, змішується в пальнику і згоряє в топці. Повітря, яке треба для згоряння, забирається із верхньої зони приміщення котельні.

Горіння палива є фізико-хімічним процесом. Хімічна сторона горіння є процес окислення його горючих елементів киснем, що проходить при певній температурі і супроводжується виділенням тепла. Інтенсивність горіння, а також стійкість процесу горіння палива залежать від способу розподілу повітря між частинками палива. Умовно прийнято процес спалювання палива ділити на три стадії: запалення, горіння та запалювання. Ці стадії протікають послідовно у часі.

Розрахунок процесу горіння зводиться до визначення кількості повітря в м³, необхідного для згоряння одиниці маси або обсягу палива кількості та складу теплового балансу та визначення температури горіння.

Значення тепловіддачі полягає в передачі теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива, воді, з якої необхідно отримати пару, якщо необхідно підвищити його температуру вище за температуру насичення.

Тепло виділяється при згорянні палива, передається воді через поверхні нагрітого котла випромінюванням у топці та конвекції від нагрітих газоподібних продуктів згоряння у газоходах котла.

Усередині труб відбувається безперервна циркуляція води, а зовні вони омиваються гарячими топковими газами або сприймають теплову енергію променем.

Таким чином, в котлоагрегаті наявні всі види теплопередачі: теплопровідність, конвекція та випромінювання. . Нижче наведено технологічну схему виробництва пару в паровій котельні.

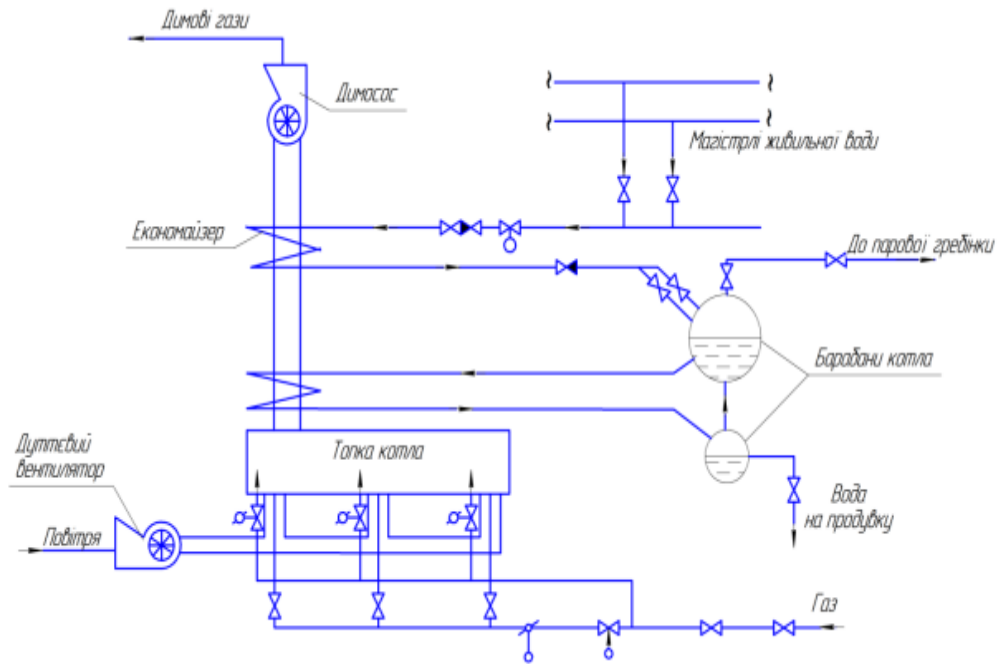


Рисунок 2 – Технологічна схема виробництва пару

Паливо приготування включає комплекс елементів обладнання і механізмів транспорту, що забезпечують розмелювання і безперервну подачу підготовленого для спалювання палива в пальники парового котла.

Спалювання твердого палива відбувається в наступній послідовності:

1. Розвантаження палива (розморожування у зимовий час);
2. Дроблення шматків палива в дробарках до максимального розміру частинок 15-25 мм (подрібнення);
3. Сушіння та розмелювання у вуглерозмельних млинах до найменшого вугільного пилу (пилоприготування);
4. подача палива до пальників котла.

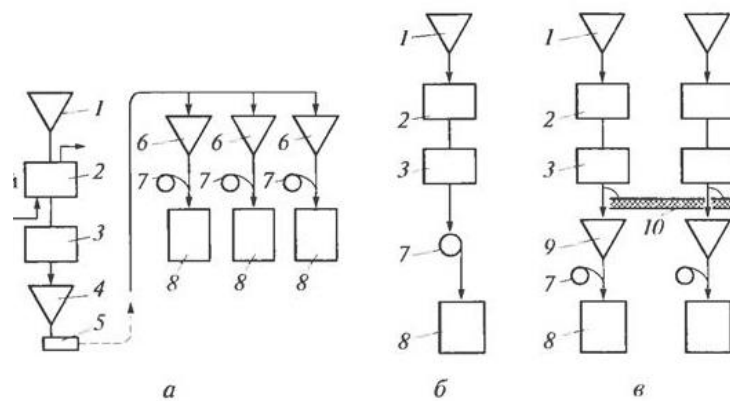
Для розмелювання палива застосовують центральні та індивідуальні системи пилоприготування. Центральні схеми пилоприготування завжди розімкнені по сушінню (тобто відпрацьований сушильний агент разом з деякою кількістю невловленого палива скидається в атмосферу).

Індивідуальна система пилоприготування з прямим вдуванням відрізняється жорстким зв'язком млинового обладнання з котлом. Зміна

навантаження котла вимагає зміни та режиму роботи млинового обладнання. Така система пилоприготування знаходить застосування при спалюванні високореакційного бурого і кам'яного вугілля, що допускає найбільш грубий помел.

Для подачі вугільного пилу, також; використовуються шнекові живильники з регульованим числом оборотів. Вугільний пил подається в трубопровід, що йде від вентилятора, і разом із первинним повітрям транспортується в піч.

Регулювання подачі палива шиберами є ненадійним і може призвести до застрягання пилу в проміжному бункері. У добре працюючого живильника пилу продуктивність зростає майже пропорційно числу оборотів.



де 1 – бункер сирого вугілля; 2 – сушилка; 3 – млин; 4 – бункер готового пилу; 6 – видаткові бункери, 7 – вентилятори; 8 – камери топки котлів; 9 – проміжний бункер; 10 – шнек для пилу. а) центральна; б) індивідуальна із прямим вдуванням; в) індивідуальна із проміжним пиловим бункером.

Рисунок 3 – Схеми приготування

Задовільна рівномірність подачі вугільного пилу будь-якими живильниками можлива лише за великої висоті шару пилу в проміжному бункері. При малій висоті шару повітря з пилопроводів починає видувати пил. Через шнекові живильники повітря проходить легше, тому над ними потрібно зберігати вищий рівень пилу, ніж над лопатевими живильниками.

Простим і надійним способом подачі вугільного пилу є його переміщення під дією своєї маси з подальшим вдуванням в камеру згоряння за допомогою стисненого повітря. При цьому важливо зберегти порошкоподібний стан палива та виключити можливість брикетування або часткового коагулювання. Для цієї мети зазвичай використовується розподільник, що обертається.

Шнекові живильники пилу служать для подачі вугільного пилу з проміжного бункера до пиловугільних та муфельних пальників парового котла.

В установках з індивідуальною системою пилоприготування для подачі вугільного пилу до пальників з пилокутного бункера застосовуються два види живильників пилу: шнекові та лопатеві.

В індивідуальній системі пилоприготування з проміжним пиловим бункером робота обладнання не залежить від роботи котла, що є основною перевагою цієї системи. Наявність проміжного пилового бункера збільшує надійність установки. Цьому сприяє зв'язок млинових пристроїв окремих котлів, що забезпечує можливість за допомогою пилового шнека передавати пил у разі потреби від одного котла іншому. Індивідуальна система пилоприготування з проміжним бункером застосовується для потужних котлів при роботі на худих і малореакційних паливах, які потребують тонкого помолу.

Далі наведено найбільш характерні варіанти схем пилоприготування з різними вуглерозмельними млинами.

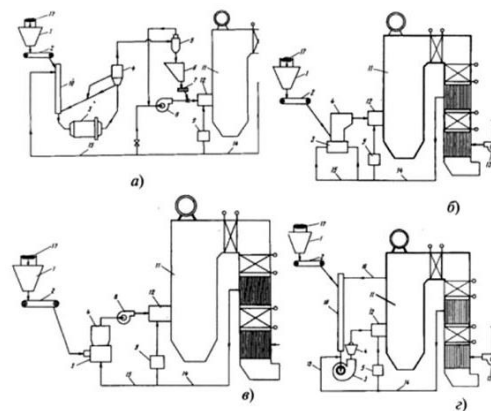


Рисунок 4 – Технологічні схеми

де 1 бункер сирого палива; 2 – живильник сирого вугілля; 3-млин; 4 – сепаратор пилу; 5 - пиловіддільник; 6 – бункер пилу; 7 - живильник пилу; 8 – млиновий вентилятор; 9-розподільувач гарячого повітря; 10 - шахта попереднього сушіння палива; 11-котел; 12 - пальники; 13-дутьовий вентилятор; 14,15 – тракти гарячого повітря; 16 - відбір топкових газів на сушіння палива; 17 транспортер.

1.3 Об'єкт керування

В якості об'єкту керування розглянемо барабанний паровий котел. Паровий котел ТПЕ-214 призначений для одержання пари високого тиску з промперегрівом при спалюванні кам'яного вугілля

Барабанний котел являє складну динамічну систему, де при його розробці треба врахувати всі можливі взаємозв'язки між технологічними параметрами котла.

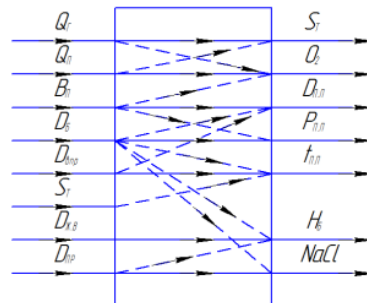


Рисунок 3 – Взаємозв'язки між вхідними і вхідними параметрами котла

На рисунку виражена спрямованість ділянок регулювання основними каналами регулюючих впливів, таким як витрата поживної води $D_{ПВ}$ – рівень H_6 ; витрата води на упорскування $D_{ВПР}$ - перегрів t_{NN} ; витрати палива B_T - тиск $P_{ПТ}$ та ін. дозволяють здійснити стабілізацію регульованих величин, пов'язаних лише через об'єкт управління. При цьому регулююча дія тієї чи іншої ділянки (суцільні лінії на рис. 2) служить головним способом стабілізації регульованої величини.

Система регулювання барабанного котла складається з окремих замкнутих систем:

1. тиск перегрітої пари та теплового навантаження;
2. надлишку повітря за пароперегрівачем - економічності процесу горіння;
3. розріджується у верхній частині топки – температура перегрітої пари
4. живлення котла водою – якість котлової води

Ефективність роботи котлоагрегатів складається з ефективності роботи його компонентів: пальникових пристроїв, поверхонь нагріву та інших пристроїв.

Розглянемо детальніше пальникові пристрої(вугільні пальники)

Вугільні пальники — установка, в яких пилоподібне вугілля згоряє протягом короткого часу і дає високу температуру, широко використовуються в промисловості.

Вугільні пальники служать для введення вугільного пилу та повітря в топку. За допомогою пальників організується топковий процес: стійке запалення факела, сумішоутворення та інтенсивне вигоряння пилу.

По аеродинамічному способу введення компонентів паливної суміші пальники поділяють на

- вихрові;
- прямоточні;
- плоскофакельні,

за типом палива, що спалюється поділяються на

- пилокутні;
- газомазутні;
- газові;
- мазутні та комбіновані пилокутні (пил, газ).

Для спалювання вугільного пилу застосовуються два основних типи пальників:

- вихрові;
- прямоточні.

Під прямоточним пальником розуміється такий пальник, в якому потоки палива та повітря вводяться в топку без закрутки. Пілокутні вихрові пальники застосовують для спалювання практично всіх видів твердого палива. Пальники мають закручують апарати, що встановлюються в каналах введення пилоповітряної суміші та повітря.

Вихровий пальник може використовувється у технологічних та енергетичних установках, що використовують спалювання вуглеводневого палива і, насамперед, в установках, що працюють в екстремальних умовах.

Вугільні пальники зазвичай оснащені бункером для зберігання вугілля та встановленням його дроблення. Пілоподібне паливо вводиться в топку через пальники, які повинні забезпечити хороше перемішування вугільного пилу і повітря, можливе раннє запалення пилоповітряної суміші і повніше вигорання пилу. Пальники розташовують на стінках топки в один або кілька рядів за висотою або її кутами таким чином, щоб у топці здійснювалося хороше перемішування пилу з повітрям і продуктами згоряння. Повітря у вугільних пальниках нагнітає вбудована повітрорудка, вугільний пил змішується з високошвидкісним потоком повітря і згоряє, виділяючи тепло.

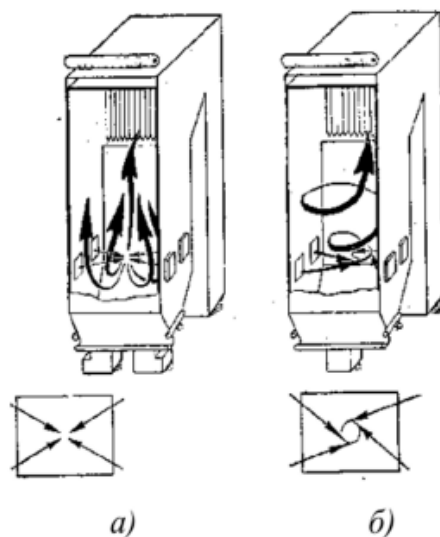


Рисунок 7 – Схеми розташування пальників на стінках топки:

а – аксіальне, б – тангенціальне

При аксіальному розташування пальників повітряні потоки стикаються в центрі топкової камери, в результаті частина вугільного пилу прямує вгору, а інша частина повертає вниз, а потім, рухаючись вгору, проходить поблизу місць введення в топку ще не запаленої пиловугільної суміші.

При тангенціальному розташуванні пальників повітря прямує по дотичних до уявного кола в центрі топки, викликаючи вихровий рух частинок вугільного пилу, що горять.

У парокотельній установці використовують шнековий дозатор.

Шнековий дозатор — це прилад для автоматичного дозування певної маси та для об'єму заданого матеріалу. По способу дозування вирізняються масові та об'ємні шнекові дозатори.

Основне призначення дозуючого пристрою - забезпечити задану кількість матеріалу за масою (або підтримання заданої витрати компонента) з певною точністю.

живильникам пред'являються такі основні вимоги:

певна точність живлення компонентів;

висока продуктивність;

простота конструкції та висока надійність роботи вузлів живильника та його системи управління;

По структурі робочого циклу дозування буває безперервним чи порційним, а, по принципу дії - об'ємним чи ваговим.

Для порційного дозування характерним є періодичне повторення циклів випуску дози компонента. При об'ємному порційному способі дозувальне обладнання відмірює порцію за допомогою мірної камери заданого об'єму. Порційне вагове дозування ґрунтується на відмірюванні дози певної маси. При безперервному об'ємному дозуванні дозатор подає потік матеріалу із заданою витратою. Об'ємний спосіб дозування конструктивно простіший, тому дозатори, засновані на цьому принципі роботи, надійніші.

1.4 Загальна характеристика об'єкту управління

Паровий котел ТПЕ-214 призначений для одержання пари високого тиску з промперегрівом при спалюванні кам'яного вугілля. Котел газощільний під розрідженням. Паровий котел однокорпусний, барабанний з природною циркуляцією, виконаний за П-подібною схемою компоновки. Стіни камери топки і газоходів котла екрановані газощільними панелями з труб, між якими вварена смуга. Процеси живлення котла, горіння та регулювання температури перегріву пари повністю автоматизовані.

Таблиця 1 – Основні технологічні параметри барабанного котла

Номинальна паропроодуктивність котла, т/год	150
Тиск пари, МПа(кг/см ²)	40
Температура пари на виході, °С	450
Температура живильної води, °С	100
Витрата живильної води, т/год	15
ККД, %	91
Температура гарячої води на виході котла, °С	70
Тиск гарячої води, МПа	0,6
Загальна жорсткість води, мг*екв/дм ³	22
Температура димових газів °С	360
Розрідження димових газів, Па	-94
Вміст кисню в димових газах, %	4
Витрата продувочної води, т/год	0,5

1.5 Структура об'єкту керування

Паровий котел уявляє собою ємність усередині якої нагріта вода випаровується й утворює пар. Як правило це труба різного розміру.

Крім труби з водою наявна паливна камера. Конструкція цієї камери залежить від виду палива, для якого сконструйовано котел. Якщо це тверде вугілля то внизу паливної камери(топки) є колесникова решітка. На ній розташовують вугілля або дрова. Знизу в паливну камеру надходить повітря. Вгорі топки влаштовують димохід.

Якщо енергоносії рідкий—то в камеру вводять газову горілку. Для руху повітря роблять вхід та вихід.

Пара, яку виробляє котел, використовується на технологічні потреби і потреби населення. Існує декілька типів теплового споживання:

1. Технологічні потреби промислових підприємств
2. Опалення житлових будинків та промислових об'єктів
3. Вентиляція промислових будівель, установ, об'єктів соціального-культурного призначення
4. Кондиціонування повітря на промислових підприємствах, об'єктах соціального-культурного призначення
5. Гаряче водоспотавання

Витрата теплової енергії на технологічні потреби мало залежить від температури зовнішнього повітря, тому конфігурація навантаження в основному визначається режимом роботи.

Зазначимо, що протягом певного періоду часу котел повинен виробляти певну кількість енергії. При цьому для кожного котлоагрегата створюються режимні об'єкти, у яких зазначено які вихідні параметри повинен підтримувати котел при роботі у різних режимах навантаження.

1.6 Принцип функціонування об'єкту керування

Гарячий газ від згоряння палива піднімається до ємності з водою. Він нагріває воду та виходить через димохід. Нагріваючи до температури кип'ятіння вода починає випаровуватися. Пар піднімається угору та поступає до труб. Так відбувається циркуляція пару. У момент конденсації пара перетворюється в рідину, ця енергія передається навколишньому середовищу.

1.7 Формулювання задачі

Наявні математичні моделі описують окремі контури регулювання, що не дозволяє отримати результати теоретичних досліджень на практиці. Про комплексні моделі котла відомостей значно більше. Що стосується моделі об'єкта, на якій можна досліджувати нові алгоритми керування та порівнювати з вже існуючим, то тут відомостей ще менше. Розробки у даній області зводяться до дослідження одного контуру регулювання і зводять модель до набору елементарних ланок та розгляду контуру у відриві від інших компонентів САР. Побудувавши спрощену, але подібну до реальної динаміки котла математичну модель важливих контурів котла можна підвищити ефективність алгоритмів керування, а отже і системи в цілому.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Доповнити математичні моделі барабанних котлів малої потужності зв'язками, що враховують взаємний вплив регулюючих впливів на регульовані параметри.
2. Виявити недоліки застосовуваних уже існуючих систем управління барабанними парогенераторами

1.8 Висновки по розділу

В цьому розділі описано барабанний котлоагрегат, що є об'єктом для дослідження і розробки математичної моделі.

Розглянуто стандартні схеми регулювання, які застосовується для підтримання технічних параметрів котла. Досліджено, які підходи можуть використовуватися для побудови систем керування, а також наведено причини перевірки розроблених алгоритмів керування спочатку на моделі об'єкта керування.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи управління

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнанням для парової котельні, обрано барабанний котел.

Відповідно до технологічного процесу та вимог до системи управління, розроблено структурну схему системи управління (рис. 8).

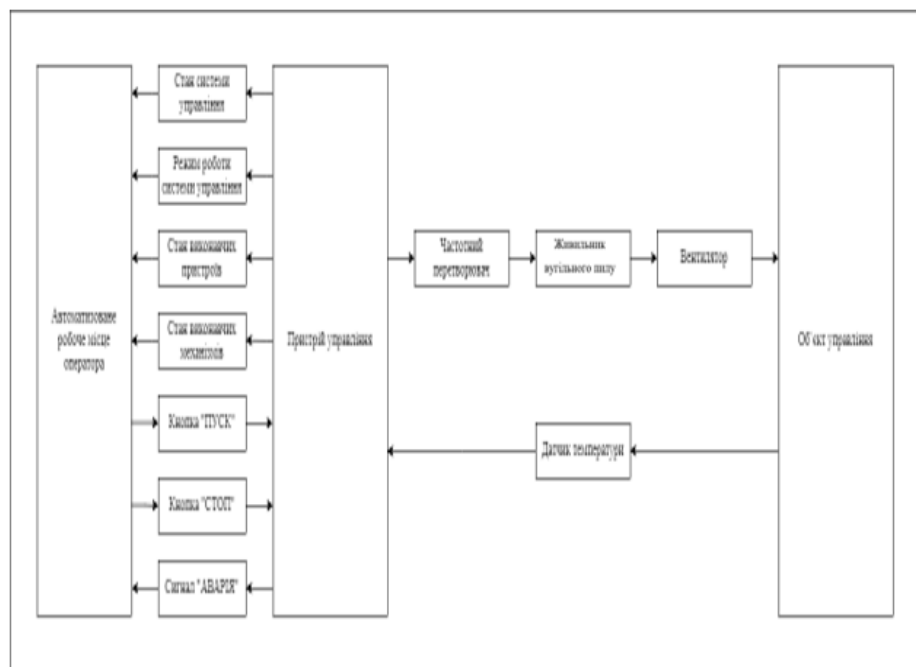


Рисунок 8 – Структурна схема керування

Сигнал з пульта диспетчера передається на пристрій управління та й навпаки, з пульта управління на пульт диспетчера. Зв'язок пристрою управління та пульта диспетчера забезпечується інтерфейсом RS-485.

2.2 Розробка структурної схеми системи управління інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої

збору інформації (датчики температури, тиску), еталони стану обладнання (температура, тиск), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки технологічного обладнання.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 9.

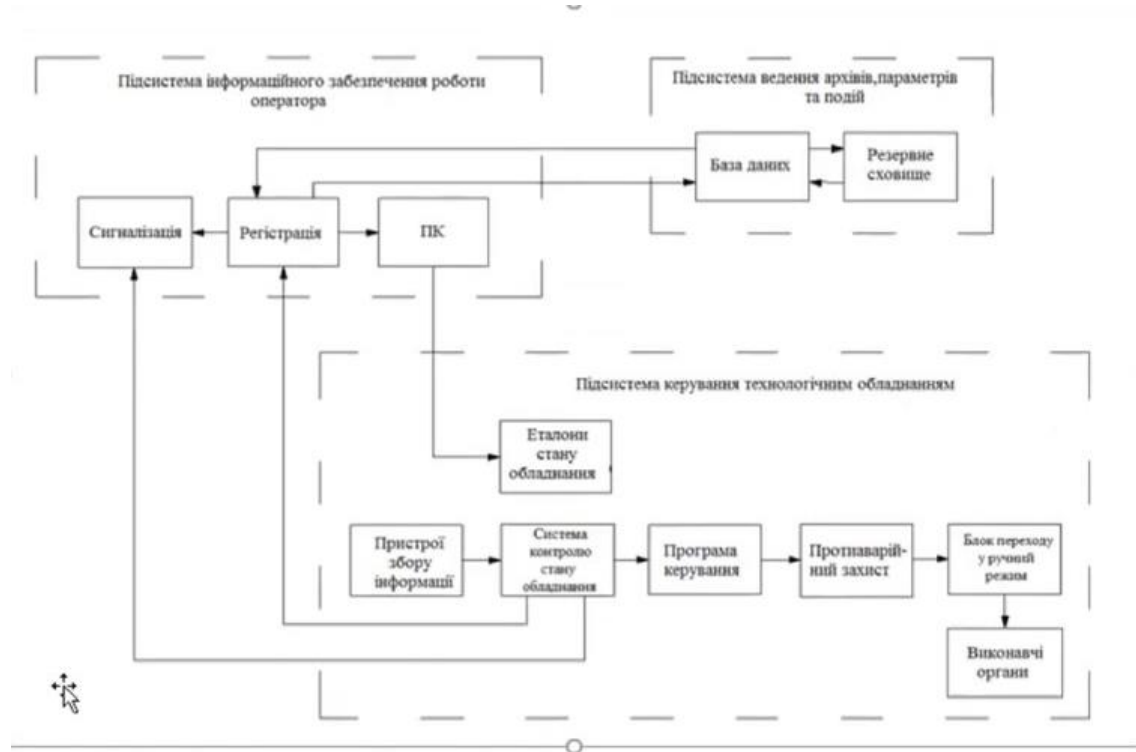


Рисунок 9 – Схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею системи що розробляється— безперервно вимірювати та управляти температурою пари. Температура при складає до 500 °С. Виходячи з цього, для вимірювання температури обрано датчик Т.ХА-420-Кл1-1 (рис. 2.3), який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання 0...800 °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопари до

стандартного струмового сигналу 4...20 мА. Технічні характеристики датчика наведені у таблиці 2 [11].



Рисунок 10 – Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1

Таблиця 2 – Технічні характеристики датчика ОВЕН ДТС 045-50М.В2.60

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

Важливим датчиком також датчик витрати пару:



Рисунок 11 – Датчик витрати пару TVA

Таблиця 3 – Технічні характеристики датчика TVA

№	Технічні дані	
1	Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища	IP65 з відповідними кабельними вводами
2	Живлення	По ланцюгу вихідного сигналу
3		з RS485: 24 В постійного струму
4	Виходи	4-20 мА (не передбачено для RS485)
5		Імпульсний вихід (макс. напруга 28 В пост. струму, хв. опір 10 кОм)
6	Цифровий зв'язок	Інтерфейс Modbus EIA 232C (RS 232C)
7		з RS485: EIA 485 (RS 485C)

Температура води у котлі не повинна бути більше вентилятора 98⁰С, тому для аварійної температури води обрано датчик аварійного вимикання типу ДВВ.

Контакти датчику спрацьовують у наступних температурних інтервалах:

- 82 – 87 градуси (85);
- 87 – 92 градуси (90);
- 92 – 99 градуси (95);
- 104 – 110 градуси (108).

В цьому випадку обираємо датчик ДВ-95.

Надалі дані технічні особливості цього датчику

Таблиця 4 – Технічні характеристики датчика ДВВ-95

№	Параметр	Значення
1	Тип	Дискретний
2	Гранична температура, °С	98
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1.5%
5	Струм комутації, А	0-30
6	Напруга живлення, В	12÷36
7	Потужність споживання, Вт	0

На підставі цього складена наступна таблиця 5.

Таблиця 5 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Поточна температура води	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	-50÷150 °С	±0.3°С	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	1 Вт
2	Аварійна температура води	Біметалічна пластина	Дискретний	98°С	±1.5°С	До 30А	0.1 с	12÷36 В	0 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Живник вугільного пилу - це пристрій, призначений для подачі вугільного пилу окремими порціями з бункера до пальника.

Призначено для рівномірної подачі вугільного пилу в потрібній кількості з промбункера в пилопровід до пальників.



Рисунок 12 – Живник вугільного пилу

Для подачі повітря в пальник використовуємо радіальний вентилятор ВЦП 7-40 №4 5,5 кВт (рис.). Цього буде достатньо, щоб нагнати 2500-7000 м³/ч теплого повітря. Технічні характеристики наведені нижче в таблиці.

Таблиця 6 – Параметри живника

№	Найменування параметра та розміру	УЛПП-2
1	Максимальна продуктивність при питомій насипній вазі вугільного пилу 0,63 та коефіцієнті заповнення осередків 0,8, т/год.	
2	з однією течкою	5
3	з двома течками	10
4	Привід пиложивильника:	
5	потужність, кВт, не менше	10
6	редуктор передавальне число	49
7	Габаритні розміри, мм:	
8	довжина	1950
9	ширина	1000
10	висота	1330
11	Маса, кг, не більше	1200



Рисунок 13 – Радіальний вентилятор ВЦП 7-40 №4 5,5 кВт

Таблиця 7 – Технічні характеристики радіального вентилятора ВЦП 7-40 №4 5,5 кВт

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Радіальний
2	Діапазон витрат повітря, м ³ /ч	2500÷7000
3	Діапазон повного тиску, Па	2900-2100
4	Потужність електродвигуна, кВт	5.5
5	Напруга, В	380

Для контролю обертів вентилятора під данний електродвигун беремо частотний перетворювач Lenze ESMD 552 L4TXA. Технічні характеристики данного пристрою наведені у таблиці.



Рисунок 14 – Частотний перетворювач Lenze ESMD 552 L4TXA

Таблиця 8 – Технічні характеристики частотного перетворювача Lenze ESMD 552 L4TXA

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Скалярний
2	Потужність, кВт	5.5
3	Номинальний струм, А	12.6
4	Напруга живлення, В	~400÷~480
5	Інтерфейс	RS485, CAN-BUS
6	Діапазон частот, Гц	0-240, 500
7	Діапазон аналогового сигналу управління швидкістю, мА	4÷20

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно до системи управління частотним вентилятором в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на зміну температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 КБайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинно бути підключено один датчик температури з струмовим інтерфейсом 4÷20 мА та електродвигун з напругою управління +24 В контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить

підключення тільки обраного обладнання та легке розширення подальшого функціоналу.

Так як система повинна бути підключена до пульта оператора в якості котрого виступає персональний комп'ютер, при цьому важливо, щоб провідників було найменше контролер повинен мати інтерфейс RS-485.

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



Рисунок 15 – Програмований логічний контролер 214-2BS33

Таблиця 9 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Схема підключення контролера по інтерфейсу RS-485 до системи управління наведено на рисунку 16.

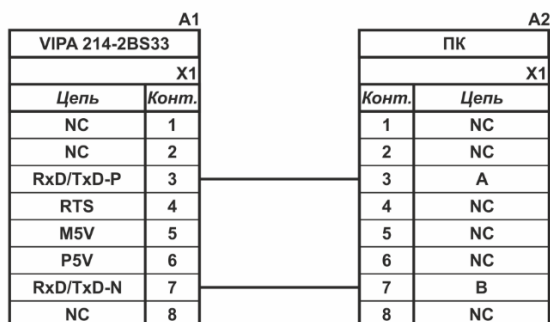


Рисунок 16 – Підключення персонального комп'ютера

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

Таблиця 10 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Процесорний модуль	24 В	5 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу	24 В	2.9 Вт
3	VIPA 222-1HD20	Модуль дискретного виводу	230 В	2 Вт



Рисунок 16 – Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50

Таблиця 11 – Характеристика модуля аналогового вводу/виводу

№	Параметр	Значення параметру
1	Тип	SM 231
2	К-сть каналів	4
3	Діапазон вхідного сигналу	4/20
4	Тип каналу	Аналоговий
5	Довжина провідника, м	200
6	Потужність, Вт	0.6



Рисунок 17 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 12 – Параметри модуля дискретного виводу

№	Параметр	Значення параметру
1	Тип	SM 222
2	К-сть каналів	8
3	Діапазон вихідного сигналу	0/24
4	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
5	Довжина провідника, м	600
6	Тип каналу	Дискретний
7	Потужність, Вт	2

2.3.4 Вибір пультів оператора

Пультом оператора у даному випадку є персональна електронна обчислювальна машина (ПЕОМ), на якій розташована Scada-система Zenon.

Характеристика персонального комп'ютера наведені нижче:

Таблиця 13 – Промисловий ПК ESA

Модель	Сенсорний дисплей TFT			Конфігурація
	Діагональ	Роздільність	К-ть відтінків	
XS7 Dynamic (з активним охолодженням)				
XS719	19"	1280x1024	16,7 млн	Intel i7-2710QE, 2.1GHz

2.3.5 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5,0 + 1 * 0,6 + 1 * 2,0 = 7,6 \text{ Вт.} \quad (1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт. Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.12.



Рисунок 18 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

2

Таблиця 14 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Аналізуючи обране обладнання дійшло до висновку, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 1.00 + 14.4 = 15.4 \text{ Вт.} \quad (2)$$

Виходячи з вищеназваного було обрано такий самий блок живлення як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт

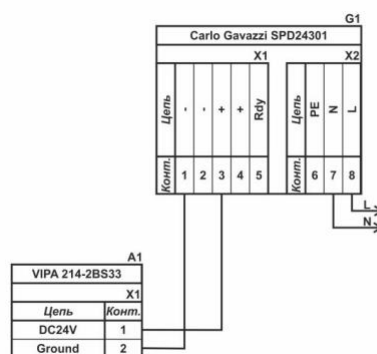


Рисунок 19 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

2.4 Розробка функціональної системи автоматизації

На основі вимог до системи управління та апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації. Ця схема наведена на рисунку 20.

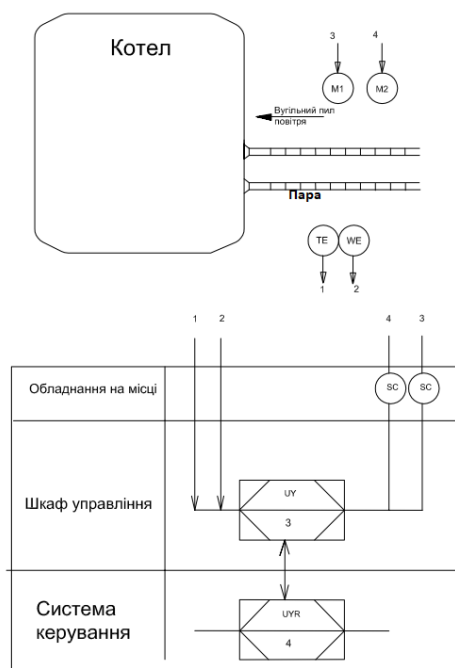


Рисунок 20 – Схема автоматизації функціональна

У якості пристрою управління застосовують програмований логічний контролер (VIPA 214-2BS33)

Поточна температура води вимірюється на виході котла за допомогою датчика температури, виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача трансформується в стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблено схема електричної принципової .

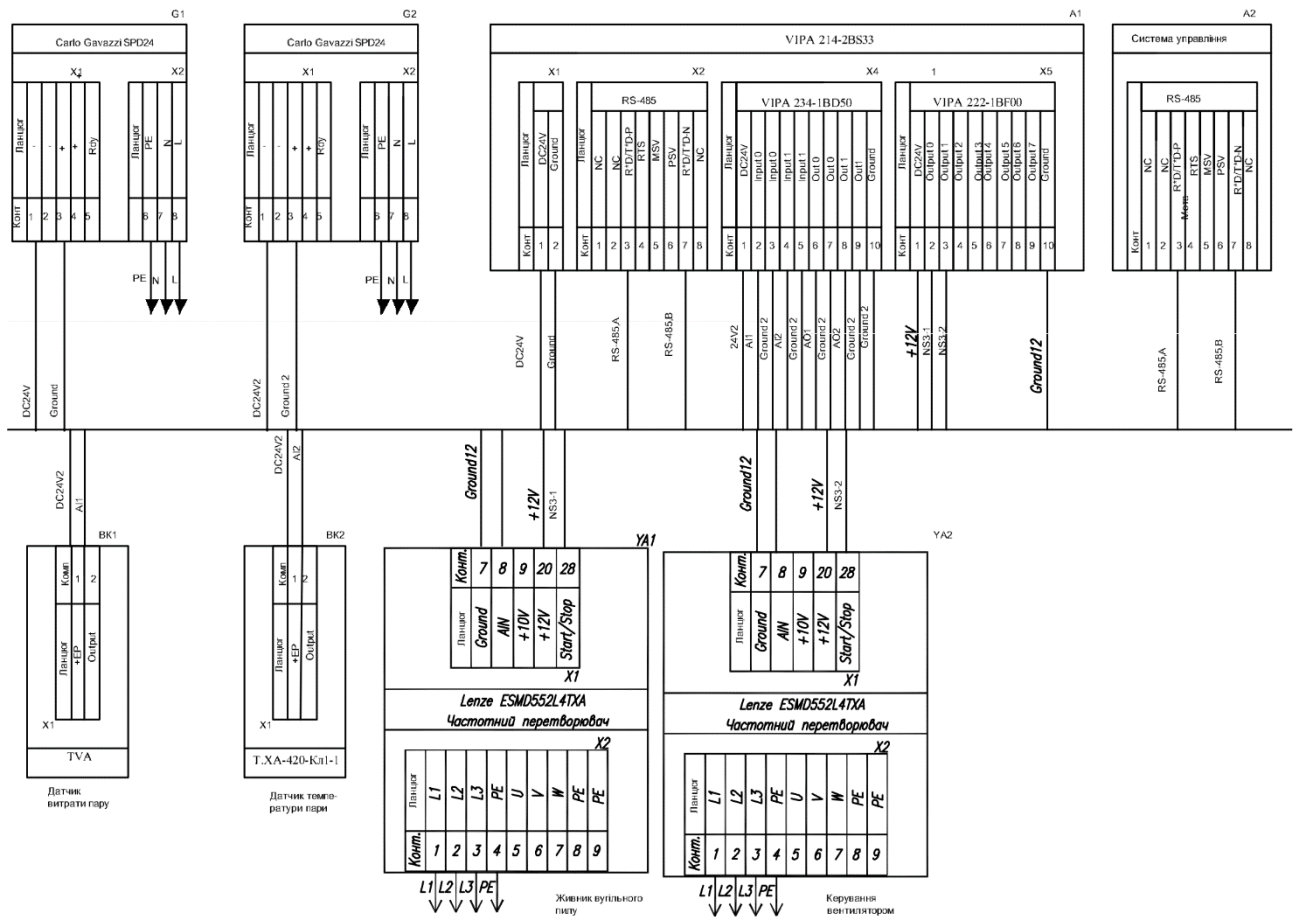


Рисунок 21 – Схема електричної принципової

2.6 Висновки по розділу

У якості об'єкта управління виступає барабанний котел парової установки .
У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення системи управління котлом, розроблена функціональна схема автоматизації та принципова системи управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначається для збору інформації необхідної для отримання моделі об'єкта керування. Основними функціями системи є формування керуючого впливу, реєстрація його і дійсного значення, візуалізація отримуваних даних та їх надання у зручному для обробки виді.

На підставі опису технологічного процесу та об'єкта керування розроблена структура схема інформаційних потоків системи дослідження (рисунок 22). Система дозволяє вимірювати витрати пару за допомогою відповідного датчика в діапазоні від 0 до 180 т/год. Керування потужністю парового котла забезпечуються за допомогою частотного перетворювача який змінює швидкість подачі вугільного пилу за одиницю часу, що відповідно регулює потужність парового котла в діапазоні від 0 до 100 %.

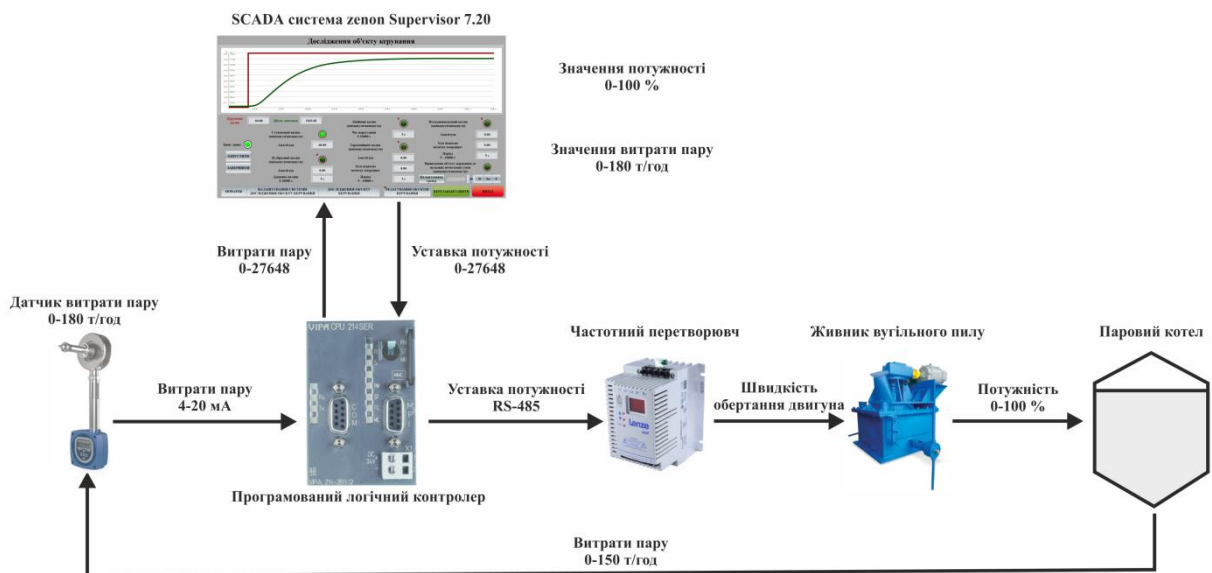


Рисунок 22 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Виходячи з технічних параметрів об'єкта керування паровий котел забезпечує продуктивність виробництва пару в діапазоні від 0 до 150 т/год температурою до 450 °С, яка відповідає тиску 40 атм.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

На підставі аналізу технологічного процесу встановлено, що керування паровим котлом можливо тільки в обмеженому діапазоні у робочому режимі шляхом виконання активного експерименту.

Виходячи з аналізу технологічного процесу та можливостей керування об'єкта керування розроблено план експерименту для отримання динамічної характеристики об'єкта керування:

1. Об'єкт керування переводиться до штатного режиму роботи шляхом подачі керуючого впливу який дорівнює 80 %;
2. Очікується досягнення усталеного режиму;
3. Після досягнення усталеного режиму вмикається система реєстрації даних;
4. На вхід об'єкта керування подається керуючий вплив 81 %;
5. По досягненню усталеного режиму, коли дійсне значення перестає змінюватися протягом тривалого часу реєстрація завершується;
6. Об'єкт керування повертається до штатного режиму роботи.

3.3 Виконання експерименту

Експеримент проводився після того як об'єкт керування був виведений у штатний режим роботи коли продуктивність пари складає 120 т/год. Для отримання динамічної характеристики потужність нагріву була змінена з 80 % на 81 %. У результаті експерименту отримані дані наведені на рисунку 23.

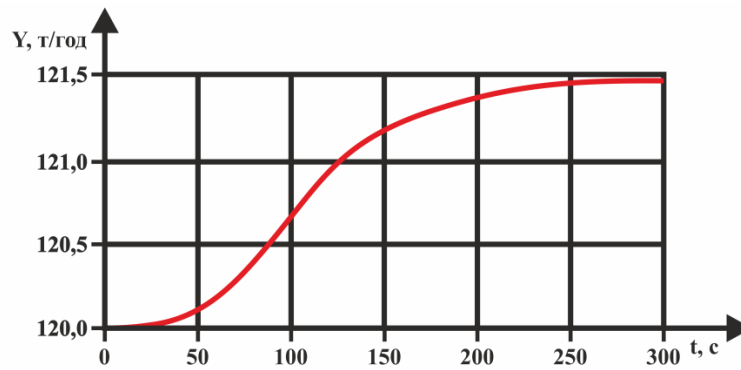


Рисунок 23 – Динамічна характеристика об'єкта керування

3.4 Структурна ідентифікація

За результатами аналізу отриманих даних виявлено, що дійсне значення починає змінюватися зразу після подачі керуючого впливу. Таким чином в об'єкта керування відсутнє запізнення. Крім того на графіку динамічної характеристики чітко видно перегини на початку та середині перехідного процесу.

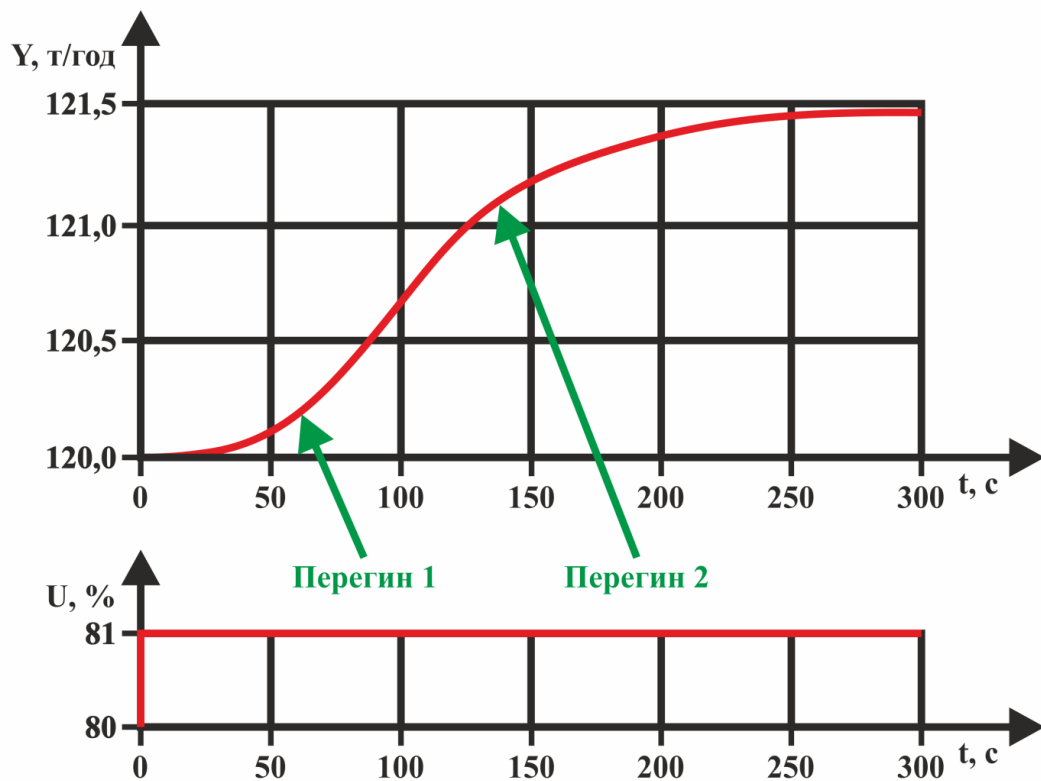


Рисунок 24 – Аналіз динамічної характеристики об'єкта керування

Виходячи з цього об'єкт керування може бути описаний аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку:

$$W(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}, \quad (3)$$

де $W(s)$ – передавальна функція об'єкта керування, k – коефіцієнт посилення $\left(\frac{\tau/\text{ГОД}}{\%}\right)$, T_1, T_2 – постійні часу об'єкта керування (с).

3.5 Параметрична ідентифікація

За результатами аналізу технологічного процесу та динамічної характеристики коефіцієнт посилення:

$$k = \frac{\Delta Y_{max}}{\Delta U} = \frac{121,5 - 120,0}{81,0 - 80,0} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \left(\frac{\tau/\text{ГОД}}{\%}\right), \quad (4)$$

де ΔY – зміна дійсного значення (т/год), ΔU – зміна керуючого впливу (%).

Проаналізувавши перехідний процес та його час, на підставі теорії автоматичного керування висунуте припущення, що час перехідного процесу кратний п'яти загальним постійним часу об'єкта керування. Виходячи з цього попереднє значення загальної постійної часу:

$$T = \frac{t_{\text{пп}}}{5 \div 7} = \frac{300}{5} = 60 \text{ (с)}, \quad (5)$$

де T – загальна постійна часу об'єкта керування (с), $t_{\text{пп}}$ – час перехідного процесу (с), $5 \div 7$ – коефіцієнт кратності загальної постійної часу до часу перехідного процесу.

Значення загальної постійної часу аперіодичної ланки відповідає сумі постійних часу:

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_n, \quad (6)$$

де n – порядок аперіодичної ланки.

Для отримання значень постійних часу на базі результату параметричної ідентифікації в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена відповідна модель (рисунок 25).

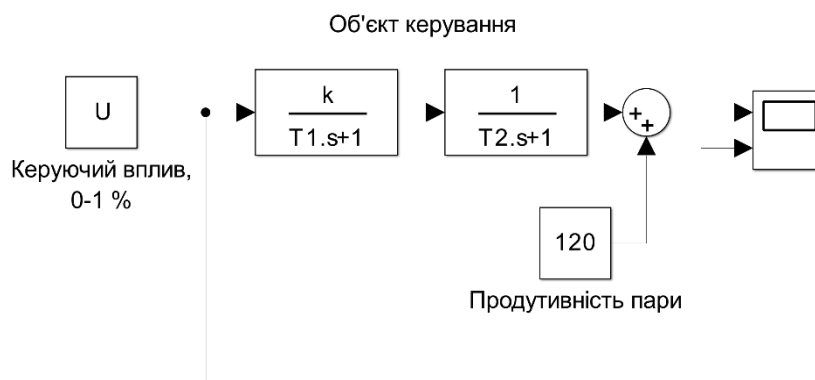


Рисунок 24 – Модель визначення параметрів об'єкта керування

Шляхом варіювання значень постійних часу встановлено, що об'єкт керування не відповідає аперіодичній ланці третього порядку тому, що перший перегин має значно більший час ніж можна отримати при використанні даної структури. На підставі цього визначено, що об'єкту керування відповідає аперіодична ланка більш високого порядку. Для перевірки даного припущення створено модель аперіодичної ланки третього порядку (рисунок 25).

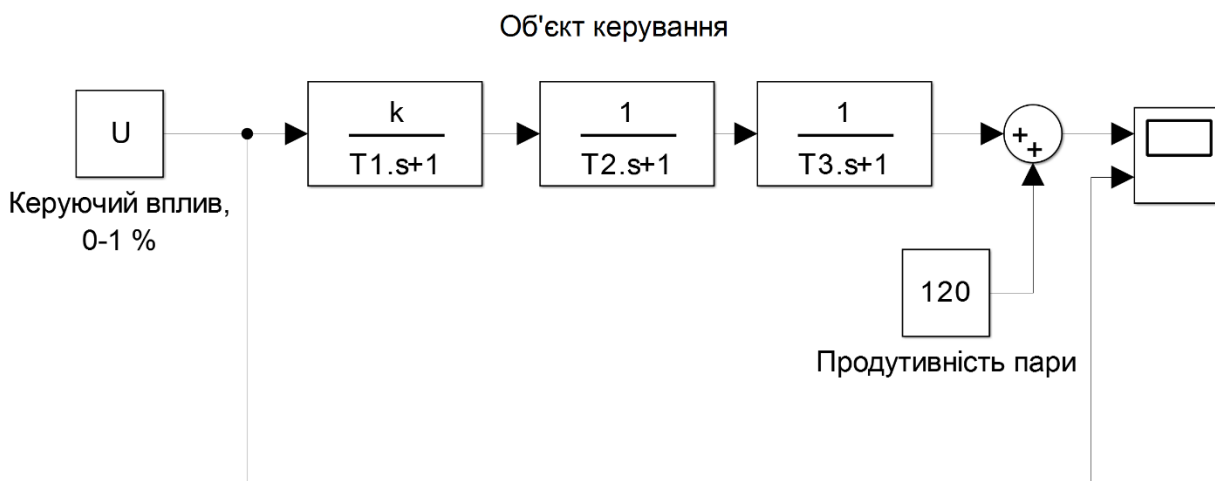


Рисунок 25 – Модель більш високого порядку для визначення параметрів об'єкта керування

Шляхом варіювання параметрів моделі та графічного аналізу встановлено, що об'єкту керування відповідає аперіодична ланка третього порядку (рисунок 26).

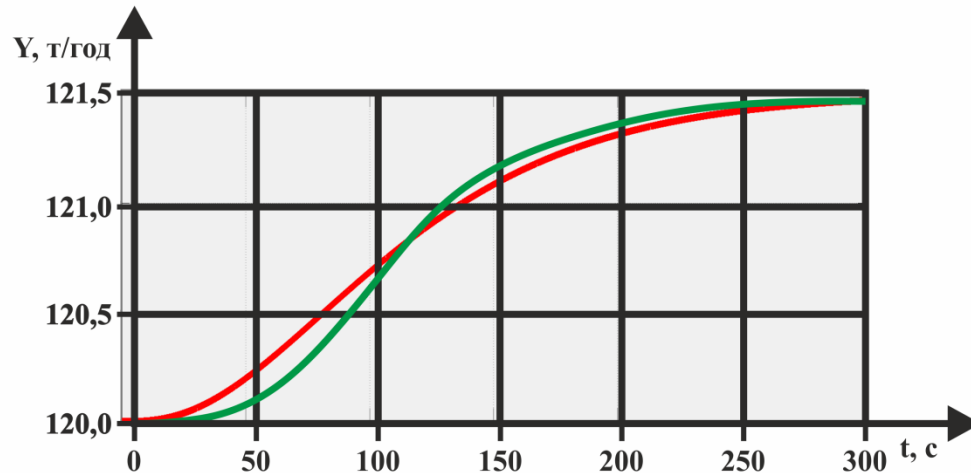


Рисунок 26 – Порівняння результатів моделювання з результатами експерименту

Відповідно до отриманих результатів визначена передавальна функція об'єкта керування:

$$W(s) = \frac{1,5}{(40s + 1)(40s + 1)(40s + 1)}. \quad (7)$$

3.6 Модель об'єкта керування

На підставі отриманої передавальної функції розроблена модель об'єкта керування наведена на рисунку 27.

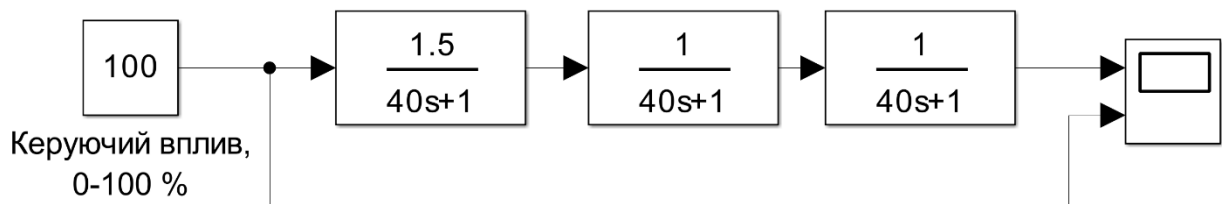


Рисунок 27 – Модель об'єкта керування

Динамічна характеристика моделі об'єкта керування наведена на рисунку 28.

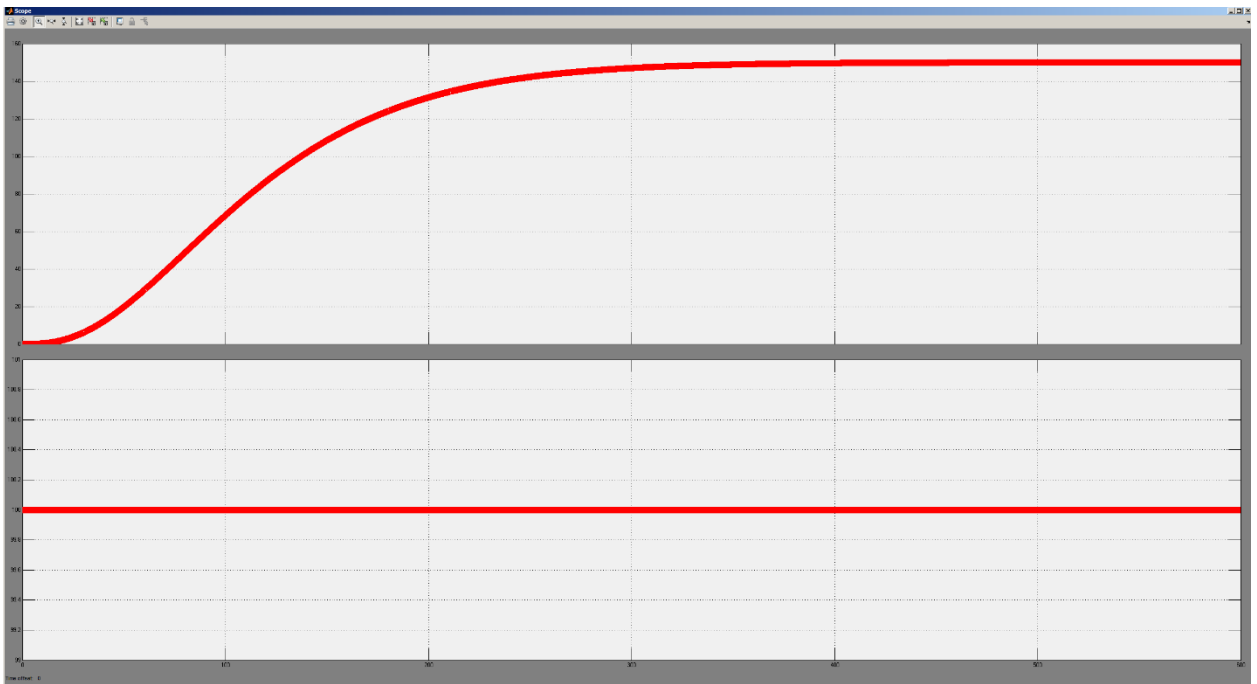


Рисунок 28 – Динамічна характеристика моделі об'єкта керування

3.7 Висновки по розділу

За результатами аналізу технологічного процесу та об'єкта керування розроблена структура інформаційних потоків дослідницької системи керування, визначені діапазони керуючого впливу та дійсного значення. Відповідно до отриманої структури та вимог технологічного процесу розроблено план експерименту відповідно до якого отримано динамічну характеристику об'єкта керування.

Аналіз динамічної характеристики показав, що структура об'єкта відповідає аперіодичній ланці другого, або більш високого порядку. Аналітично були встановлені значення коефіцієнта посилення та загальної постійної часу.

Для визначення постійних часу була розроблена модель аперіодичної ланки другого порядку. Варіювання постійних часу показало, що об'єкт керування відповідає аперіодичній ланці більш високого порядку. У подальших дослідженнях використовувалася модель аперіодичної ланки третього порядку. Шляхом варіювання та графічного порівняння встановлено, що об'єкту керування

відповідає аперіодична ланка третього порядку з рівномірним розподілом значень постійних часу. Відповідно до чого розроблена передавальна функція об'єкта керування.

На підставі передавальної функції отримана модель об'єкта керування, яка може бути використана для синтезу системи керування та дослідження її параметрів.

4 ЕКОНОМІКА

Котельні установки широко застосовуються для різноманітних технологічних процесів, вентиляції, та гарячого водопостачання житлових та промислових приміщень.

Промислові та опалювальні котельні повинні забезпечувати безперебійне та якісне тепlopостачання для споживачів. Підвищення в надійності та економічності тепlopостачання залежить від якості роботи котлоагрегатів та якісно спроектованої теплової схеми.

Як джерела теплової енергії в котельних установках використовуються перш за все газ та мазут. При їх застосуванні спрощується конструкція що в свою чергу скорочує витрати на експлуатацію.

До досліджуваних параметрів у дипломній роботі належать: встановлена потужність котельної, річне вироблення теплоти, витрати палива. Важливим показником також є собівартість випущеної теплоти. До неї належать паливо, електроенергія, вода, амортизація, заробітні плати працівників.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

У таблиці 1 наведені вихідні дані для розрахунку економічної ефективності проекту котельної установки, у тому числі технічні дані по проекту, обсяги виробництва теплової енергії, витрати енергоресурсів.. Розрахунок виконаний для вартості енергоносіїв: вартість газу - 984 грн/тис. м³ і вартість електроенергії – 584 грн/тис. квт*год.

Таблиця 15 – Вихідні дані по розрахунку

№	Найменування	Од. виміру	Значення
1	Технічні дані		
1.1	Теплова потужність котла	Гкал	1,41
1.2	Теплова потужність котла	МВт	1,6
1.3	ККД котла	%	85%
1.4	Фонд робочого часу	година	8 400
1.5	Коефіцієнт завантаження	%	37
1.6	Вироблена теплова енергія в рік	Гкал/рік	4 363
1.7	Теплотворна здатність палива (тріски)	Гкал/тонн	1,625
1.8	Насипна щільність палива (тріски)	кг/м ³	300
1.9	Витрата палива погодинна (тріски)	кг/година	1 021
1.10	Витрата палива об'ємна, погодинна	м ³ /година	3,4
1.11	Витрата палива річна	тонн/рік	3 159
1.12	Витрата палива (об'ємна) у рік	м ³ /рік	10 529
1.13	Питома витрата газу на існуючих котлах	т. м ³ /Гкал	0,155
1.14	Об'єм споживання газу на існуючій котельні	т. м ³ /рік	678
2	Існуючі тарифи		
2.1	Газ	грн/т. м ³	984
2.2	Електроенергія	грн/т. кВт.год	584
2.3	Деревне паливо (тріска)	грн/тонн	0

У таблицях 2 і 3 наведені дані розрахунку капітальних і додаткових витрат для реалізації проекту. Дані про капітальні витрати взяті зі Зведеного кошторисного розрахунку. До складу інвестиційних витрат входять капітальні витрати на встаткування і додаткові витрати на проектні роботи, монтажні та налагоджувальні роботи. Джерело фінансування капітальних вкладень – власні кошти.

Таблиця 16 – Оцінка вартості капітальних витрат.

1	Будівельні і монтажні роботи	тис.грн	1735,93
2	Проектні й дослідницькі роботи	тис.грн	128,22
3	Основне і допоміжне устаткування	тис.грн	892,92
4	Інші витрати	тис.грн	37,71
5	Усього вартість капітальних витрат	тис.грн	2 800,0

Таблиця 17 – Оцінка вартості капітальних витрат.

№	Найменування	К-сть	Ціна(тис.грн)	Сума(тис.грн)
1	Котел	2	272,10	544,20
2	Система автоматизованої топливоподачі	1	348,72	348,72
3	Добудування будівлі котельні	1	1 907	1 907
4	Усього			2 800

Таблиця 18 – Комплект поставки котла

1	Котел (корпус котла, підстава, двері нижня й технологічна, перехідник 1 димоходу)	1
2	Пристрій подачі палива (бункер зі шнеком, що подає)	1
3	Димосос	1
4	Вентилятор дуттьовий	1
5	Комплект газоходів (шибер димоходу, повітропідігрівник, циклон 5 прямоточний, гнучкі труби, ємність для золи)	1
6	Запобіжні клапани та гідророзведення (у межах котла)	1
7	Система автоматики з датчиками керування й контролю	1

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

До статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);

- єдиний соціальний внесок (C_c);
 - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (C_T);
 - вартість електроенергії, що буде споживана об'єктом проектування або втрат електроенергії ($C_э$);
 - інші експлуатаційні витрати ($C_{пр}$).
- $$C = C_a + C_з + C_c + C_T + C_э + C_{пр}, \text{ грн.}$$

де C – річні експлуатаційні витрати.

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Цех: початкова вартість – 200500 грн., ліквідаційна вартість – 10000 грн.
Термін корисного використання – 5 років.

$$\Phi_a = \Phi_{п} - Л = 200500 \text{ грн.} - 10000 \text{ грн.} = 190500 \text{ грн.},$$

де $\Phi_{п}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів; $Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} * T_{п}} * 100\%$$

$$H_a = \frac{200500 - 10000}{200500 * 5} * 100\% = \frac{190500}{1002500} * 100\% = 19\%,$$

де $T_{п}$ – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п} * H_a}{100} = \frac{\Phi_{п} - Л}{T_{п}} = \frac{200500 * 19}{100} = 38095 \text{ грн.}$$

Таблиця 19 – Річної амортизації

№	Найменування	Капітальні інвестиції, тис. грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис. грн.
1	Устаткування розробленої системи управління	200500	19	38095
2	Програмне забезпечення	6 296	19	1196

4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}}) \cdot T_{\text{зм}} = (365 - 14 - 104) \cdot 12 = 247 \cdot 12 = 2964, \text{ годин,}$$

де $D_{\text{к}}$, $D_{\text{св}}$, $D_{\text{вих}}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно; $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

Таблиця 20 – Річний фонд основної заробітної плати

№	Найменування професій робітників	Явочний штат у зміну, осіб.	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн за місяць.
1	Оператор	4	1	600	2964	13 200
2	Електромонтер	6	3	400	2964	8800
3	Слюсар	6	3	300	2964	6600
4	Водій автопогрузчика	10	5	500	2964	11 000
5	Робочий складу	8	4	450	2964	9900
	УСЬОГО	34	16	2250	2964	54450

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} = 49500 + 49500 \cdot 10/100 = 49500 + 4950 = 54450 \text{ грн,}$$

де $Z_{\text{осн}}$, $Z_{\text{дод}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

4.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

ЄСВ=22% заробітної плати.

1. $13\,200 \cdot 22/100 = 2904$ грн.

2. $8800 \cdot 22/100 = 1936$ грн.

3. $6600 \cdot 22/100 = 1452$ грн.

4. $11\,000 \cdot 22/100 = 2420$ грн.

5. $9900 \cdot 22/100 = 2178$ грн.

Таблиця 21 – Відрахування соціального внеску

№	Професія	Відрахування соціального внеску, в грн
1	Оператор	2904
2	Електромонтер	1936
3	Слюсар	1452
4	Водій автопогрузчика	2420
5	Робочий складу	2178

4.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

$$Z_{\text{м.р.}} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right)$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту; R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн; t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту год./ од .

4.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

$C_3 = W_p \cdot C_e$, грн. = 1071.36, кВт*год; *0,345 грн. / кВт* год = 369.62 грн,
де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт • год; C_e – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн. / кВт • год.

4.2.6 Визначення інших витрат

Річний фонд заробітної плати:

54450 грн*12=653400 грн.

Інші витрати складають 4% від загальнорічного фонду:

653400*4/100=26136 грн.

4.2.7 Висновки по розділу

У ході підрахунку економічної частини дипломної роботи вдалося встановити потужність котельної, річне вироблення теплоти, витрати палива.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

На виробничих підприємствах не надається достатнє значення охороні праці. Це можна пояснити наявністю так званого “людського фактору” . Тому нещасні випадки частіше пов’язані з халатним відношенням до безпеки праці. Таким чином, щоб максимально зменшити кількість нещасних випадків на виробництві треба щоб знання про охорону праці закладалися в процесі навчання спеціалістів.

Дипломна робота має на меті дослідження комплексної моделі парового барабанного котла розташованій на парокотельній установці. Дослідження можна провести у будь-якому приміщенні де дозволено користуватись електронно-обчислювальними машинами(ЕОМ).

Шкідливими виробничими факторами у парокотельній установці є:

- підвищена загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхні обладнання і повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- підвищена вологість і рухливість повітря;
- недостатня освітленість робочих місць.

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Для захисту персоналу від впливу теплоти зайві тепловипромінювання мають бути зменшені чи усунуті. У котельні застосовуються наступні способи захисту від променистої і теплової енергії:

- теплоізоляція гарячих поверхонь;
- екранування джерел випромінювання поглинаючими матеріалами;

- застосування захисного одягу, взуття і головних уборів.

Обслуговуючому персоналу мають бути видані засоби індивідуального захисту:

- костюм;
- комбінезон із щільної бавовняної тканини;
- рукавиці;
- каска;
- окуляри.

Досить ефективним методом боротьби зі забрудненням повітря є зменшення викидів шкідливих речовин в тому числі шляхом:

- надійною герметизації газоходів, газопроводів, насосів;
- механізації й автоматизації технологічних процесів;
- вентиляція виробничих приміщень.

Для захисту від шкідливої дії шуму пропонується:

- зменшення шуму джерела;
- раціональне планування;
- акустична обробка приміщення за допомогою штучних звукопоглинтелів;
- ослаблення шуму на шляху його поширення за допомогою звукоізолюючих перешкод, і глушителів шуму.

Для захисту від вібрації пропонується наступне:

- уведення додаткових мас у визначених точках системи;
- заміни металевих деталей незвучними з пластмас з невеликим внутрішнім тертям;
- застосування пружних еластичних вставок і прокладок у з'єднаннях;
- змащення всіх сполучних і передавальних вузлів машин.

У приміщенні котельні в день освітлення створюється природним сонячним світлом. Природне освітлення дуже сприятливе для людини, тому що сонячне світло має велику дифузність (розсіювання), оптимальний спектр, у ньому набагато більше ультрафіолетових променів.

У вечірній і нічний час передбачене штучне освітлення. Як робоче освітлення використовуються лампи накаливання і люмінесцентні світильники. Передбачене також аварійне освітлення.

Персонал повинен знати пристрій і принцип роботи котлів, які обслуговуються схемою водо- і газопроводів, правила безпечної експлуатації котлоагрегатів, основні ознаки неполадок і міри їхнього усунення, а також уміти надавати першу допомогу потерпілим при нещасливих випадках.

Працівникам необхідно знати як робити аварійні зупинки.

При аварійній зупинці котлу необхідно:

- припинити подачу палива і повітря, різко послабити тягу;
- відключити котел від головного водопроводу.

Роботи з ремонту обладнання котельних установок відносяться до категорії робіт підвищеної небезпеки, тому що вони зв'язані з перебуванням людей у металевих ємкостях, газоходах і інших місцях з підвищеною температурою та підвищеною загазованістю.

Безпека персоналу при ремонті теплосилового обладнання забезпечується виконанням організаційних і технічних заходів.

До організаційних заходів належать:

- оформлення роботи нарядом чи усним розпорядженням;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- переклад на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі;
- оформлення закінчення роботи.

До технічних заходів належать:

- відключення виведеного в ремонт чи устаткування ділянки схеми;
- вживання заходів, що перешкоджають випадковій чи помилковій подачі до місця роботи води, газів, палива, електричного струму й ін.
- забезпечення на робочому місці умов навколишнього середовища відповідно до норм;
- організація проходів і підйому людей;
- забезпечення вільного доступу до робочого місця.

5.3 Пожежна профілактика

Будівлі, в яких розташовуються електронно-обчислювальні машини, характеризуються другим ступенем вогнестійкості. Приміщення, для обслуговування та ремонту ЕОМ повинні належати за пожежною та вибуховою безпекою до категорії В.

Вибір пожежних сповіщувачів здійснюється залежно від характерних приміщень, виробництв, технологічних процесів. Передбачено, що відстань між пожежними сповіщувачами не повинна перевищувати 9 м, в той же час відстань до стіни має бути не більше 4,5 м.

Приміщення з ЕОМ треба оснастити переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 штуки на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно до вимог Правил пожежної безпеки України. Зазначимо що мають бути вільними підходи до вогнегасників.

У приміщеннях має бути встановлена система газового об'ємного пожежогасіння зі зберігання вогнегасної речовини. Двоокис вуглецю використовують як вогнегасну речовину.

Розраховано, що розпилювачі повинні бути на відстані не більш ніж на 4 метри, а знаючи, що в зрідженому стані двоокис вуглецю має густину більше ніж повітря відстань від стін має до 0,5 м.

Якщо у виробничому приміщенні знаходяться люди, то система має бути обладнана пристроєм відключення автоматичного пуску.

Резервування балонів розраховується по одномуу балону на кожний відпрацьований.

5.4 Висновки по розділу

У розділі виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників та розроблені заходи по їх зменшенню та/або усуненню. Розглянута пожежна профілактика виробничого приміщення.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі об'єктом дослідження є автоматизація парокотельних установок. Предметом дослідження є налагодження системи автоматичного регулювання парових котлів Метою дослідження є підвищення ефективності процесу автоматичного керування парових котлів.

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

3. Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування.. На підставі о апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову.

4. В результаті проведених досліджень розроблено план експерименту, за яким отримані експериментальні дані. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація, результатом якої є запропонована модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції другого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані параметри моделі об'єкта керування.

5. На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 97.18 %. Враховуючи аналіз об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів

моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об'єкта керування.

6. Напрямок розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкту керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. kliuev_as_lebedev_at_novikov_si_naladka_sistem_avtomatichesk А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, С.І. Новіков Налагодження системи автоматичного регулювання барабанних парових котлів.
2. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: підручник. 1997.
3. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” у кваліфікаційних роботах бакалаврів/В.І. Голінько, С.І. Чебрячко, Ю.І. Чебрячко О.О.Яворська, М.М.Наумов – Національний технічний університет “Дніпроавськ політехніка”.
4. Vira_Catalog.
5. Компоненти систем автоматизації – Каталог Tera.
6. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
8. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80> – Шнековий дозатор.
9. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1%87_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8 – Частотний перетворювач.
10. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка		
1			<u>Документація</u>					
2								
3	A4	КФІВС.КВР.151.18.13.ПЗ	Пояснювальна записка	57	ПЗ			
4								
5			<u>Графічна матеріали</u>					
6								
7	A2	КФІВС.КВР.151.18.13.Е2	Функціональна схема					
8			автоматизації	1	Е2			
9								
10	A2	КФІВС.КВР.151.18.13.Е3	Схема електрична					
11			принципова	1	Е3			
12								
13	A4	КФІВС.КВР.151.18.13.Д	Перелік елементів	1	Д			
14								
15		КФІВС.КВР.151.18.13.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ			
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.18.13.ТП			
Зм.	Арк.	№ докум.			Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату барабанного типу Відомість проекту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Науменко		05.06				1	1
П. конс.	Проценко		10.06					
Н. контр.	Славінський		10.06					
						Національний ТУ«Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18-1		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ РОЗДІЛІВ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему “Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату барабанного типу”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-18–1 Науменка Андрія Юрійовича

Завдання та зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає головній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано з деякими відхиленнями від вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка системи керування дозволить створити систему керування яка дозволить підвищити ефективність роботи котлоагрегату особливо в перехідних умовах

Глибина вирішення завдань в кваліфікаційній роботі повна.

Під час виконання кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об’єкта керування, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, визначення моделі керування, розрахунок економічних показників та вирішення питань з охорони праці в умовах експлуатації котлоагрегату ТПЕ-214.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об’єкта керування, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, визначення моделі об’єкта керування, розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці. Розроблено імітаційну модель об’єкта керування

У цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки “_____” балів при відповідному захисту, а здобувач Науменко А.Ю. отримання кваліфікації бакалавр за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Провідний консультант,

старший викладач, посада

Проценко С.М.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему “Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату барабанного типу”

здобувача вищої освіти академічної групи 151-18–1 Науменка Андрія Юрійовича

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

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка системи керування дозволить створити систему керування яка дозволить підвищити ефективність роботи котлоагрегату особливо в перехідних умовах

Глибина вирішення завдань в кваліфікаційній роботі повна.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об’єкта керування, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, визначення моделі об’єкта керування, розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці. Розроблено імітаційну модель об’єкта керування

У цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки від “_____” балів при відповідному захисту, а здобувач Науменко А.Ю. отримання кваліфікації бакалавр за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

« _____ » _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизована система керування процесом пароутворення котельного агрегату барабанного типу”, здобувача вищої освіти, групи 151-18-1, Науменка Андрія Юрійовича.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 58 сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unicheck.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
асистент

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

