

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем***

**Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління***

**«До захисту в ЕК»**

Декан факультету

\_\_\_\_\_ Форсюк А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » червень 2021 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ельперін І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » червень 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-Зск

\_\_\_\_\_ Середич Василь Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Ельперін Ігор Володимирович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Грибков С.В.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.



забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Барабанний котел як об'єкт регулювання. 7.2. Вимоги до функціонування САР котла. 7.3. Математична модель окремих ділянок та процесів об'єкта керування. 7.3.1. Динамічна модель розрідження в топці котла. 7.3.2. Динамічна модель економічного спалювання палива. 7.3.3. Динамічна модель рівня води в барабані котла. 7.3.4. Динамічна модель теплового навантаження. 7.3.5. Динамічна модель неперервної продувки. 7.3.6. Динамічна модель температури перегрітої пари. 8. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 29 квітня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Середич В.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Ельперін І.В.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика температури Aplisens CRT-ALW, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління системою автоматизації котельні типу ДКВР-10. Програма розроблена для ПЛК 317SN/NET-Speed7 від виробника VIPA. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні TIA Portal та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

**Ключові слова:** котел, пара, VIPA, Aplisens CRT-ALW.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

## Annotation

This qualification work considers the development of an automation system of the boiler room type ДКВР-10.

The qualification work describes the process, the tasks for the automation system, the automation scheme, the specification of the automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment – temperature sensor Aplisens CRT-ALW, the connection schemes of the sensors and actuators to the PLC and the extended circuitry for connecting the technical means.

An algorithm and a program for controlling the boiler system automation system ДКВР-10 have been developed. The program is designed for PLCs from the VIPA 317SN/NET-Speed7 series. Інтерфейс The interface SCADA-program of the technological process is developed in the software TIA Portal and the form of the display mnemonic is presented in the note.

**Keywords:** boiler room , couple, VIPA, Aplisens CRT-ALW.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1.</b> Опис об'єкта автоматизації .....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації .....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації .....	15
<b>Розділ 2.</b> Система автоматизації.....	17
2.1 Схема автоматизації.....	17
2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	22
2.3. Специфікація засобів автоматизації .....	26
2.4. Техніко-економічне обґрунтування .....	28
<b>Розділ 3.</b> Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення .....	29
3.1. Електрична принципова схема підключення .....	29
3.2. Розширені схеми підключення засобів автоматизації до модулів розширення .....	31
<b>Розділ 4.</b> Креслення встановлення технічного засобу .....	35
<b>Розділ 5.</b> Опис спеціального програмного забезпечення для ПЛК (алгоритм та програма).....	36
<b>Розділ 6.</b> Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога .....	41
<b>Розділ 7.</b> Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання ..	42
7.1 Барабанний котел як об'єкт регулювання .....	42
7.2 Вимоги до функціонування САР котла .....	44
7.3 Математична модель окремих ділянок та процесів об'єкта керування .....	45
7.3.1 Динамічна модель розрідження в топці котла .....	45
7.3.2 Динамічна модель економічного спалювання палива.....	45
7.3.3 Динамічна модель рівня води в барабані котла .....	47
7.3.4 Динамічна модель теплового навантаження .....	48
7.3.5 Динамічна модель неперервної продувки .....	49
7.3.6 Динамічна модель температури перегрітої пари .....	50
<b>Розділ 8.</b> Охорона праці .....	52
<b>Висновки</b> .....	55
<b>Список використаної літератури</b> .....	56

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

## Вступ

За останнє десятиліття істотно змінилися склад і структура технологічних засобів, що застосовуються в автоматизованих системах управління технологічними процесами.

Подальше вдосконалення виробництва, ускладнення реалізованих технологій призводять до такої ситуації, при якій управління технологічним процесом, виконання необхідного режиму експлуатації та технологічного регламенту можливі лише при посередництві АСУ ТП, що відповідає найсучаснішим вимогам.

Кінцевою метою розробки і впровадження АСУ ТП є поліпшення техніко-економічних показників функціонування автоматизованої промислової установки. При автоматизації котельні автоматизуються всі основні і допоміжні технологічні процеси. Це веде до звільнення обслуговуючого персоналу від необхідності регулювати ці процеси вручну. Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійної роботи устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря. В останні роки все більша увага приділяється питанням комплексної автоматизації промислових котелень. І це не випадково: в енергетиці спалюється понад 50% всього палива, що видобувається в країні. З огляду на, що автоматизація процесів горіння дає до 10% економії палива, стає зрозумілим підвищений інтерес до комплексної автоматизації котелень.

Є декілька варіантів модернізації котельні:

1. установка сучасних вугільних котлів і часткова механізація ручної праці.
2. установка електричних котлів.
3. установка водогрійних котлів безпосередньо в будівлях і спорудах.
4. установка комбінованих (газ, рідке паливо) автоматизованих котлів.

Установка сучасних твердопаливних котлів і часткова механізація праці, цей варіант, безсумнівно, підвищить продуктивність праці і економію, але також

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

цей варіант має ряд мінусів: шкідливі викиди в атмосферу при спалюванні вугілля, неефективність автоматизації малої котельні, складності в обслуговуванні, проблеми транспортування твердих видів палива.

Варіант з установкою електричних котлів вирішує всі вище перераховані проблеми, але для живлення електродкотлів необхідна надійна і досить потужна система електропостачання в даній місцевості, але оскільки подібні підприємства часто перебувають далеко від надійних джерел електроенергії, цей варіант є незадовільним.

Установка котлів безпосередньо в будівлях і спорудах вдале рішення проблеми живлення парою для малих компактних підприємств. Але для організації постачання багатьом підприємствам цей варіант буде неефективний, оскільки з'являється необхідність реконструкції системи електропостачання, також установка систем транспортування енергоносія для кожного окремого об'єкта, що в цілому виявиться дорожче нової котельні.

Установка автоматизованих сучасних котлів вирішує багато перерахованих вище проблем, і в даному проекті буде розглядатися саме цей варіант модернізації котельні.

Метою роботи є модернізація схеми автоматизації водогрійного котла за рахунок використання сучасного обладнання для підвищення енергоефективності роботи котельні.

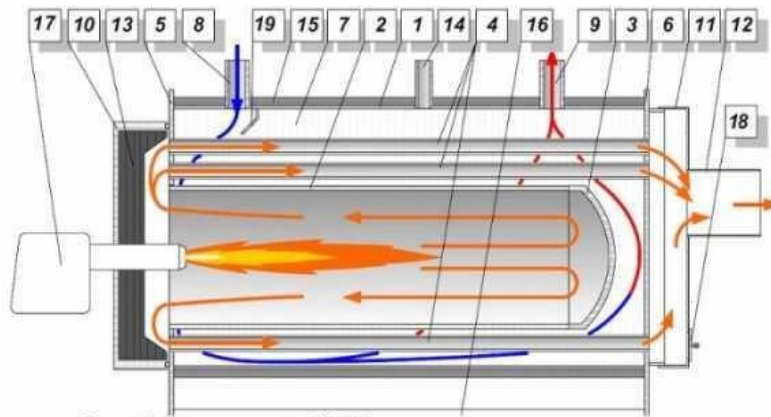
					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Технологічний процес в газовому водогрійному котлі - це процес нагрівання води за рахунок згорання палива.

Завдяки економічності і широкій сфері застосування газові котли користуються незмінним попитом. Їх можна використовувати для опалення і гарячого водопостачання індивідуальних і багатоквартирних житлових будинків, виробничих і громадських будівель. В таких установках застосовується автоматичні системи регулювання палива які призначені для забезпечення споживача необхідною кількістю гарячої води. Порушення теплового балансу котла відбувається за рахунок внутрішніх і зовнішніх збурень. До внутрішніх відносяться збурення, пов'язані з мимовільними змінами характеристик палива (теплоти згорання) і його витрати, пов'язаних з коливаннями тиску газу, зміною характеристик регулюючої трубопровідної арматури (гістерезис, "залипання" штока регулюючого клапана, люфти). Таким чином, САР (система автоматичного регулювання) палива повинна виконувати дві функції: компенсувати внутрішні і зовнішні обурення за допомогою одного керуючого впливу - витрати палива.



**Рисунок 1. Конструкция котла КОЛВІ**

1-корпус котла, 2-тонка котла (жаровая труба), 3-длинная тонка, 4-дымогарные трубы, 5-передняя трубчатая решетка, 6-задняя трубчатая решетка, 7-водный тракт котла, 8-патрубок подвода теплоносителя (Т2), 9-патрубок отвода теплоносителя (Т1), 10-дверца тонки, 11-сборный короб дымовых газов, 12-патрубок дымовых газов, 13-жаропрочный бетон, 14-патрубок для монтажа предохранительного клапана, 15-теплоизоляция, 16-опорная рама, 17-горелка котла, 18-шиш для удаления загрязнений, 19-направляющая для «обратной воды».

Рисунок 1.1 – Схема промислового водогрійного котла.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середич В.М.			Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.					9	8
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

Теплопродуктивність 10 Гкал / год.

Площа поверхні нагрівання:

1. радіаційна 89 м<sup>2</sup>;
2. конвективна 141,9 м<sup>2</sup>. Температура води:
  1. на вході в котел 75 0С;
  2. на виході з котла 150 0С.

Тиск води:

1. на вході 16 кгс / см<sup>2</sup>;
2. на виході 10 кгс / см<sup>2</sup>.

Тиск газу перед пальниками 2330 кгс / м<sup>2</sup>.

Ширина котла 3,84 м

Довжина 4,90 м Висота 4,75 м.

Маса металеві частини 11,8 т.

Показником ефективності роботи водогрійного котла є температура прямої води. На неї діють такі обурення:

1. витрата води через котел;
2. витрати палива;
3. витрата повітря;
4. розрядження;
5. температура зворотної води.

Стабілізувати, тобто усунути всі обурення не можна, тому що витрата палива, витрата повітря і розрядження взаємопов'язані. Усунути можна тільки одне обурення - витрата води через котел. Витрата води стабілізується за допомогою підживлення зворотної води хімічно-очищеною водою. Крім того, температура прямої води повинна змінюватися в залежності від температури зовнішнього повітря. Аналізуючи ці збурення, можна прийти до висновку, що економічно доцільним буде використання в якості регулюючого впливу зміна подачі палива.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

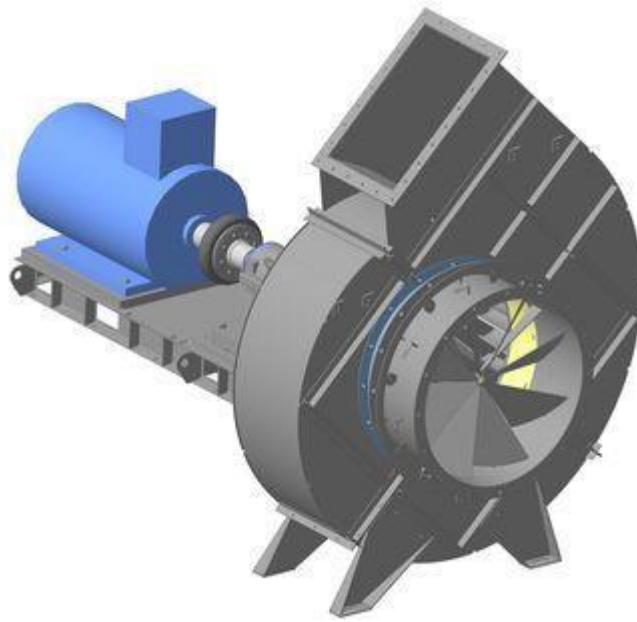


Рисунок 1.2 – Дуттєвий вентилятор

Контролю підлягають ті параметри, за значеннями яких здійснюється оперативне управління технологічним процесом, а також його пуск і зупинка. До таких параметрів належать усі режимні та вихідні параметри, а також вхідні параметри, при зміні яких в об'єкт будуть надходити обурення. Обов'язковому контролю підлягають параметри, значення яких регламентуються технологічною картою.

Контролю підлягають всі регульовані параметри:

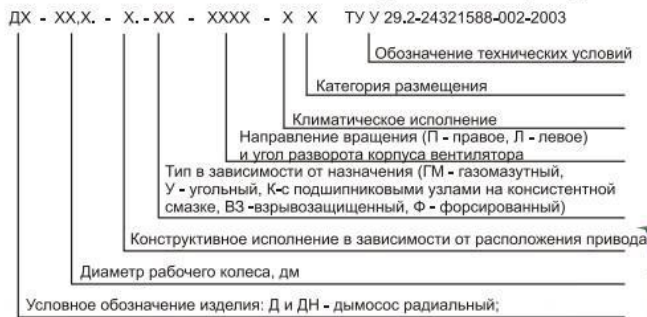
1. витрата зворотної води;
2. температура зворотної води;
3. температура прямої води;
4. тиск повітря;
5. концентрація кисню в димових газах;
6. розрядження в топці котла;
7. температура води в колекторі.

Крім регульованих параметрів контролю підлягають наступні:

1. витрата газу;

2. тиск води на вході і виході з котла;
3. витрата води в колекторі і витрата прямий води;
4. температура димових газів за котлом;
5. тиск повітря після дуттєвого вентилятора;
6. тиск газу;
7. розрядження перед димососом;
8. вміст метану в приміщенні;
9. наявність полум'я.

**СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЫМОСОСОВ ПРИ ЗАКАЗЕ  
И В ДОКУМЕНТАЦИИ ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ**



**ПРИМЕР ЗАПИСИ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЫМОСОСА.**  
Дымосос радиальный с назад загнутыми лопатками, диаметр рабочего колеса 800 мм, первого конструктивного исполнения, с правым вращением рабочего колеса и углом установки корпуса 90°, климатическое исполнение У, категории размещения 3:

**ДН - 8 - 1 - П90 У 3 ТУ У 29.2-24321588-002-2003**



Рисунок 1.3 – Дымосос

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

САР повинна забезпечити:

1. стійку роботу системи (відсутність автоколивань) і обмежену частоту включення регулюючого органу, яка при постійному навантаженні не повинна перевищувати шести включень в хвилину;
2. підтримання в базовому режимі температури води.

Водогрійний котел - це вид опалювального обладнання для нагріву води під тиском. Завдяки великій потужності, такі котли дозволяють опалювати і готувати великі обсяги гарячої води для житлових і адміністративних будівель, виробничих цехів і інших господарських будівель.

Складається водогрійний котел з металевого корпусу, який виготовляється зі сталі, і теплообмінника, розташованого усередині корпусу. Одним з головних умов при виготовленні котла є хороша ізоляція корпусу, для того щоб зменшити тепловіддачу приміщенню. Теплоносій в теплообміннику нагрівається і надходить по трубах до споживачів. У котлі є топка, де відбувається спалювання палива і пальник - пристрій для дозування, змішування і спалювання палива. Твердопаливні водогрійні котли не передбачають наявності пальника. Сучасні моделі мають потужність від 100 кВт до десятків мегават.

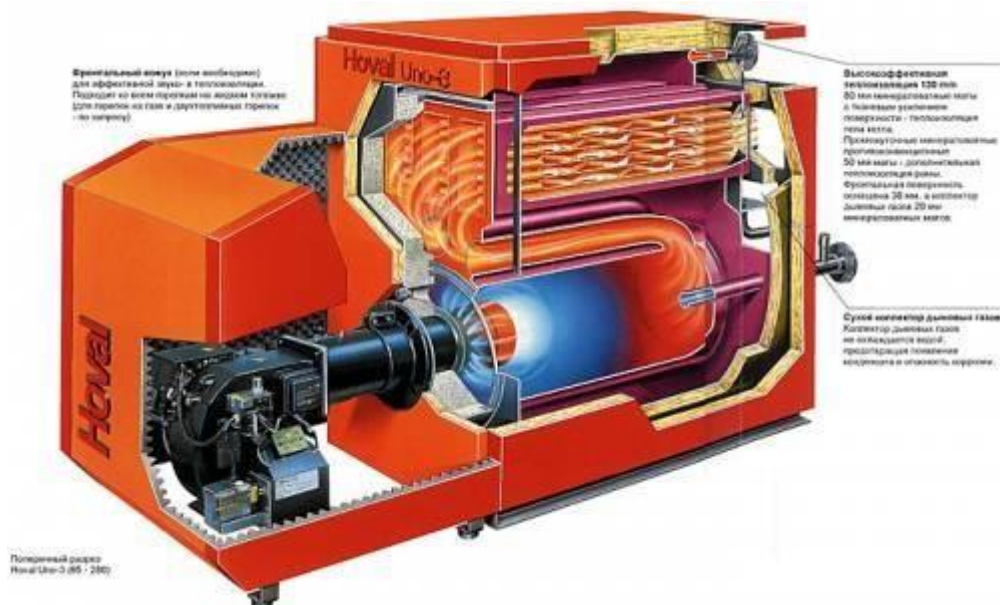


Рисунок 1.4 – Водогрійний котел у розрізі

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

Автоматичне регулювання забезпечує хід безперервного протікання процесів в котлі (живлення водою, горіння, і ін.)

Котельні з температурою нагріву понад 115 С і тиском більш 0.07 МПа відносяться до 4 класу небезпеки.

Експлуатація котельні вимагає дотримання певних норм вентиляції -це обов'язкова складова котельні: площа її перетину повинна розраховуватися з розрахунку 8 кв. см. на кожен кВт потужності котла.

Засоби автоматизації повинні бути обрані технічно грамотно і економічно обгрунтовано. Конкретний тип автоматичного пристрою вибирають з урахуванням особливостей об'єкта управління і прийнятої системи управління. При цьому перевагу слід віддавати однотипним, централізованим і серійно випускається пристроїв. Це значно спростить поставку і експлуатації. У зв'язку з тим, що процес нагріву води не належить до пожежо-і вибухо-небезпечних, автоматизація здійснюється на основі використання електронних грошей. Електричні прилади більш точні і відрізняються швидкодією в порівнянні з пневматичними. Джерела енергії у електричних засобів автоматизації більш простий і надійний. Також відсутні обмеження по відстані між підсилювачем і виконавчим механізмом.

Електричні регулятори дозволяють легко підсумувати різні імпульси.

Правильно побудовані схеми забезпечують чітку сигналізацію, сприяють запобіганню аварій і нещасних випадків. Схема сигналізації повинна забезпечувати одночасну подачу світлового і звукового сигналів, знімання звукового сигналу, повторність спрацьовування виконавчого пристрою звукової сигналізації після його відключення натисканням кнопкового вимикача; перевірку виконавчого пристрою сигналізаторів від одного кнопкового вимикача.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Основними функціональними етапами автоматизації технологічних процесів є:

1. автоматичний контроль (вимір) поточних значень параметрів технологічного процесу;
2. автоматична технологічна сигналізація про стан основного і допоміжного обладнання;
3. автоматичний захист основного і допоміжного обладнання від аварійних пошкоджень в процесі експлуатації;
4. автоматичне безперервне регулювання технологічних процесів і управління основними допоміжними установками;
5. автоматичне дискретне (переривчасте) управління, що забезпечує включення або відключення регуляторів, машин, механізмів і пристроїв в заданій послідовності.

КПД котла, %	93	82,7
Розрахункова витрата палива кг / ч, м / ч	750	800
Температура газів на виході з топки $t$ , °C	1170	1110
Розрахункова площа нагріву $H_p$ , м	117,69	
Поперечний переріз для газів $F$ , м <sup>2</sup>	0,41	
Середня швидкість газів $CO$ , м/с	18,0	16,9
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/ (м xK)	233,6	287,9
Температура газів за економайзером $t_{ек}$ , °C	172	143

Рисунок 1.5 – Параметрична таблиця водогрійного котла

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю управління чи
1	Котельня	Витрата, трубопровід газу	680м3/год	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація
				Регулювання	Заслінкою у трубопроводі газу
2	Котельня	Температура води, трубопровід гарячої води	95 °С	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація
				Регулювання	Подачею палива
3	Водогрійний котел	Рівень у барабані	60%	Контроль	Відображення, Реєстрація, сигналізація
				Регулювання	Подача живильної води
4	Водогрійний котел	Наявність полум'я		Контроль	Сигналізація, відображення

Таблиця 1.6 – Завдання на розробку системи автоматизації

## Розділ 2. Система автоматизації

### 2.1. Схема автоматизації

В функціональній схемі автоматизації наявні контури автоматизації що описані нижче.

Контроль та регулювання співвідношення природнього газу до повітря реалізовано встановленням діафрагми (поз.1а) у газопроводі. Перепад тиску вимірюються датчиком Aplisens PR-28 (поз.1б). У повітряній шахті надлишковий тиск вимірюється датчиком тиску Aplisens PC-28 (поз.1г). Сигнали надходять на контролер через одноканальний індикатор ІТМ 110 (поз.1в,1г). В контролері утворюється керуючий сигнал який через частотний перетворювач Danfoss VLT 2800 (поз.1д) керує промисловим дуттєвим вентилятором через запобіжний магнітний пускач КМ1.

Контроль та регулювання розрідження у топці вимірюються датчиком тиску Aplisens PC-28 (поз.2а). Сигнал надходить на контролер через одноканальний індикатор ІТМ 110 (поз.2б). В контролері утворюється керуючий сигнал який може бути змінений оператором через прилад БРУ-10 (поз.2в) надходить на частотний перетворювач Danfoss VLT 2800 (поз.2г) який керує обертами димососа через запобіжний магнітний пускач КМ2.

Контроль та регулювання температури води.

В трубопроводі води встановлений датчик температури Danfoss MBT3560 (поз.3а). Сигнал поступає на одноканальний індикатор ІТМ 110 (поз.3б) після нього на контролер. В контролері утворюється керуючий сигнал який може бути змінений оператором через прилад БРУ-10 (поз.3в) який через магнітний пускач ПБР-21 (поз.КМ3) управляє ВМ МЕО-100 (поз.3г) який в свою чергу змінює витрату газу регулюючим органом.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Середич В.М.			Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.					17	12
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ-АК-4-ЗСК			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

Контроль та регулювання рівня у барабані.

У барабані встановлено ємнісний рівнемір Aplisens APR-2200D (поз4а).

Сигнал від рівнеміра надходить на контролер через однокананий індикатор ІТМ 110 (поз4б). В контролері утворюється керуючий сигнал який може бути змінений оператором через прилад БРУ-10 (поз.4в) надходить магнітний пускач ПБР-21 (поз.КМ4) управляє виконавчим механізмом МЕО-100 (поз.4г) який в свою чергу змінює витрату живильної води регулюючим органом.

Система захисту реалізована встановленням датчика тиску Aplisens РС-28 (поз.5а) у трубопроводі гарячої води, датчика метану у котельні ВАРТА-1 (поз.5в,5є), датчика тиску Aplisens РС-28 (поз.5б) у трубопроводі газу, датчика наявності факелу МІКРОЛ РКП-1 (поз.5е,5є). При спрацюванні одного з контурів захисту котельної установки сигнал управління через ПБР-21 (поз.5ж) зупинить подачу палива (метану  $CH_4$ ).

## 2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Ємнісний рівнемір Aplisens APR-2200D призначений для безперервного вимірювання висоти рівня рідини у закритих ємностях і резервуарах.

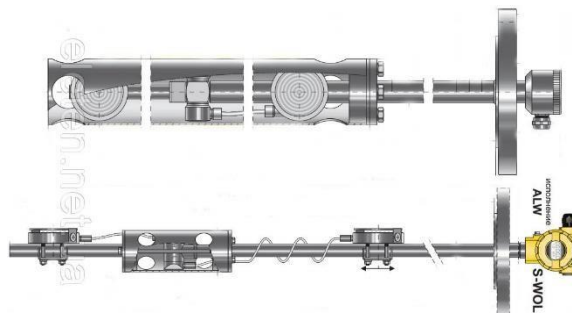


Рисунок 3.1 – Ємнісний рівнемір Aplisens APR-2200D

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Особливості:

- нескладне і швидке підключення за допомогою роз'єму;
- струмовий вихідний сигнал (4 ... 20 мА), RS-485 Modbus / RTU;
- оптична індикація стану;
- широкий вибір електричного з'єднання через роз'єми, кабельні вводи або захисний шланг;
- можливість застосування у вибухонебезпечному середовищі (виконання Xi).

Частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800 мають меню швидкого доступу яке містить в собі основні параметри, необхідні для введення приводу в експлуатацію. Можливість швидкого монтажу та обслуговування.

Застосування:

- насоси, вентилятори;
- транспортери;
- екструдери; - обгорткові машини;
- підйомні механізми.

Особливості частотного перетворювача:

- 100% захист від короткого замикання на виході;
- 100% захист від короткого замикання на землю;
- захист від перешкод в електромережі; - роз'ємна силова комутація входу і виходу; - гальванічна розв'язка.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рисунок 3.2 – Частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800

Перетворювачі тиску Aplisens PC-28, призначені для використання майже у всіх промислових областях застосування, забезпечує надійне вимірювання тиску навіть в жорстких умовах навколишнього середовища. Широка номенклатура перетворювачів тиску передбачає струмовий вихідний сигнал 4-20 мА, вимір абсолютного або відносного тиску, різні діапазони вимірювання від 0-1 до 0-600 бар, різноманітні варіанти для під'єднання імпульсних ліній тиску і електричних з'єднань. Відмінна вібростійкість, міцна конструкція, а також високий ступінь електромагнітної сумісності та захисту від радіоперешкод забезпечують відповідність Aplisens PC-28 найбільш суворим вимогам, які пред'являються до промислових установок.

Основні характеристики:

- вихідний сигнал 4 - 20 мА;
- робоча температура від -40 до 85 ° С;
- діапазон вимірювання 0 - 600 бар;
- використовуються в несприятливих промислових умовах;



Рисунок 3.3 – Датчик тиску Aplisens PC-28

Одноканальний мікропроцесорний індикатор ІТМ-110 призначений для вимірювання одного вхідного фізичного параметра (температура, тиск, витрата, рівень і т.д.), Обробка, перетворення, використання математичних функцій і відображення на вбудованому цифровому дисплеї.



Рисунок 3.5 – Одноканальний індикатор ІТМ-110

ПЛК CPU 317SN / NET-Speed7 технологія, DC 24V, 2MB ... 8MB оперативної пам'яті, MMC слот, годинник реального часу, підключення до Speed шині; MPI-інтерфейс, RS485 для PtP або Profibus-DP Master 12Мбіт / с, Ethernet інтерфейс для PG / OP зв'язку, вбудований Ethernet-CP 343 с RFC1006, H1, TCP / IP, UDP. Можливість розширення до 32 модулів.

Процесорні модулі System 300S програмно сумісні з ПЛК Simatic S7-300 компанії Siemens, тому їх програмування може здійснюватися як за допомогою ПО WinPLC і SPEED7 Studio від VIPA, так і пакетів STEP7 і TIA Portal компанії Siemens.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 3.6 – Контролер CPU 317SN/NET-Speed7

Модулі ЦПУ серії 300S базуються на технології SPEED7, завдяки якій є одними з найшвидших у світі в своєму класі. Володіючи високою швидкістю, вони забезпечують дуже короткий цикл виконання програми і, відповідно, дуже високу швидкість реакції всієї системи управління. Це дозволяє використовувати ПЛК серії 300S для реалізації комплексних систем автоматизації середнього і верхнього рівня складності для обробних і переробних галузей промисловості.

Наявність в складі серії 300S широкого набору різних моделей процесорних модулів дозволяє створювати системи управління, які будуть оптимальними як за функціональними можливостями, так і за ціною.

Характеристики:

- Високопродуктивна система управління
- Програмування за допомогою STEP7 і TIA Portal компанії Siemens або WinPLC7 і SPEED7 Studio компанії VIPA
- Вбудована робоча пам'ять, робота без додаткової карти пам'яті
- Вбудоване ОЗУ з резервним живленням від акумулятора
- Гнучке розширення обсягу робочої пам'яті за допомогою карт MCC
- Підтримка стандартних карт MMC об'ємом до 1 Гбайт для збереження програм і даних

- Шина SPEED-Bus для підключення високошвидкісних сигнальних модулів і комунікаційних
- процесорів (в ЦПУ 314ST, 317SE і 317SN)
- Вбудована підтримка інтерфейсів Ethernet, PROFINET, EtherCAT, PROFIBUS DP і MPI
- Параметризуемий порт RS-485 з функціями PROFIBUS DP і PtP
- Напруга живлення 24 В пост. струму
- Можливість застосування в складі централізованих і розподілених систем управління
- Годинник реального часу
- Світлодіодні індикатори стану
- Термін гарантії 2 роки

#### Реле контролю полум'я РКП-1

Призначений для для автоматичного контролю полум'я в топкових камерах стаціонарних котлів і печей.



Рисунок 3.7 – Реле контролю полум'я РКП-1

Прилад забезпечує перетворення сигналу від датчика полум'я в дискретний сигнал (розмикання контактів реле при відсутності полум'я), а також аварійне включення сигналізації при пропажі полум'я (включення червоним світінням світлодіода «Аварія» на передній панелі приладу).

Газоаналізатор "Варта 1-03" стаціонарний, промисловий призначений для:

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

1. безперервного і автоматичного контролю в повітрі приміщень і відкритих просторах:
2. концентрацій метану (CH<sub>4</sub>) і природного газу;
3. концентрацій чадного газу, окису вуглецю (CO);
4. концентрацій пропан-бутану;
5. температури.
6. Видачі світлової та звукової сигналізації при перевищенні встановлених концентрацій газів в контрольованій зоні;
7. Подачі електричних сигналів на зовнішні виконавчі пристрої, а також комутації зовнішніх електричних ланцюгів.

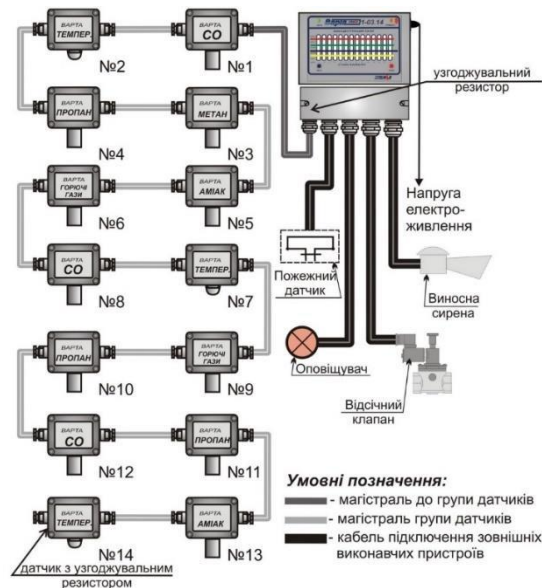


Рисунок 3.8 – Газоаналізатор "Варта 1-03"



Рисунок 3.9 – МІКРОЛ БРУ-10

Багатофункціональна станція ручного управління або виконавчими механізмами (ІМ)

Цифровий і лінійний індикатор двох фізичних величин (параметр, становище ІМ) з можливістю масштабування

Перетворювач імпульсних сигналів більше-менше в вихідний уніфікований сигнал

Перетворювач імпульсних ШИМ-сигналів у вихідний уніфікований сигнал

Перетворювач вхідних аналогових сигналів в вихідний аналоговий уніфікований сигнал

Блок управління для ручного перемикання керуючих ланцюгів регулятора з автоматичного режиму управління на ручне і назад за допомогою клавiші на передній панелі

Блок управління для дистанційного перемикання режиму управління ручний автомат, за допомогою зовнішніх сигналів, подаються на клемнихблоковий з'єднувач

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Специфікація засобів автоматизації використаних в системі описана в таблицях 4 та 4.1.

Поз.	Параметр	Оптимальне значення параметра	Місце установки	Найменування та коротка технічна характеристика	Тип, модель	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8
1а	Витрата газу		На трубопроводі	Діафрагма камерна Умовний тиск 0.6МПа Діаметр умов. проходу 80мм	ДКС-10-80-а	1	"Манометр-Україна" м.Харків
1б	Витрата газу		За місцем	Перетворювач різниці тисків верх.межа вимір 2.8МПа, вих. сигнал 4-20мА	PR-28	1	"Aplisens" Польща
1г, 2а, 5а, 7а	Тиск		За місцем	Перетворювач тиску верхня межа вимір 2.8МПа, вих. сигнал 4-20мА	РС-28	4	"Aplisens" Польща
3а	Температура		За місцем	Датчик температури верхня межа вимір 450С, вих. сигнал 4-20мА	CTR-ALW	1	"Aplisens" Польща
6а	Наявність газу		За місцем	Детектор загазованості по метану релейний вихідний сигнал	ДЗ-1-СН4	1	"ОВЕН" Харків
4а	Рівень		За місцем	Ємнісний рівнемір для виских температур та тисків вих. сигнал 4-20мА	APR-2200D	1	"Aplisens" Польща
3г, 4г, 8г	Регулюв		На трубопроводі	Виконавчий електричний механізм однообертовий 380В	МЕО-250/63-0.25Р	3	"Завод електроніки та механіки" Чебоксари
1д, 2в	Керування двигуном		На щиті	Частотний перетворювач	VLT 2800	2	"Danfoss" Нідерланди
3г, 4г, 8в	Керування приводом		На щиті	Пускач безконтактний реверсивний 380В	ПБР-21	4	"МІКРОЛ" Івано-Франківськ

Таблиця 4 - Специфікація засобів автоматизації (1 частина)

Поз.	Параметр	Оптимальне значення параметра	Місце установки	Найменування та коротка технічна характеристика	Тип, модель	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8
1в,1г, 26,36, 46,56, 76	Індикація параметрів		На щиті	Одноканальний індикатор	ІТМ-110	1	"МІКРОЛ" Івано-Франківськ
3в,4в	Ручне керування		На щиті	Блок ручного управління	БРУ-10	5	"МІКРОЛ" Івано-Франківськ
6б	Наявність полум'я		На щиті	Реле контролю полум'я дискретний вихідний сигнал	РКП-1	1	"МІКРОЛ" Івано-Франківськ

Таблиця 4.1 - Специфікація засобів автоматизації (2 частина)

#### 2.4. Техніко-економічне обґрунтування

Сучасні засоби автоматизації на базі програмно-технічних комплексів забезпечують управління технологічним процесом у водогрійному котлі на основі централізовано обробленої в мікропроцесорі інформації по заданим технологічним і економічним критеріям, визначальним якісні та кількісні результати нагрівання води. Сучасна АСУТП включає в себе технічні засоби, програмне забезпечення та оператора (людина), роль якого в автоматизованому процесі виробництва зводиться до налагодження, регулювання, обслуговування засобів автоматизації і спостереженню за їхньою дією.

Таким чином, автоматизація дає значні переваги:

1. забезпечує зменшення чисельності робочого персоналу;
2. призводить до зміни характеру праці обслуговуючого персоналу;
3. збільшує точність підтримки параметрів виробленої пари;
4. підвищує безпеку праці і надійність роботи обладнання;
5. збільшує економічність роботи водогрійного котла.

В сучасних котельнях теплотехнічний контроль за роботою устаткування здійснюється за допомогою різних контрольно-вимірювальних приладів. Вони призначені для автоматичного відновлення заданого режиму роботи водогрійного котла. По показах приладів ведуть оптимальний експлуатаційний режим роботи водогрійних агрегатів, їх випробування й налагодження, а також стежать за надійністю і економічністю роботи установки. Контрольно-вимірювальні прилади мають винятково важливе значення для нормальної роботи процесу перетворення агрегатного стану води, тому що являються надійним засобом відтворення та обробки інформації про технологічні й теплотехнічні процеси, що протікають у котлі.

Система автоматизації повинна забезпечити надійність й економічність роботи водогрійного агрегату, звести до мінімуму втрати фізичної праці й значно знизити чисельність обслуговуючого персоналу.

Тому, враховуючи вище зазначені особливості водогрійного котла, необхідно з особливою увагою підходити до питання його автоматизації, а саме вибір засобів автоматизації, з урахуванням економічного ефекту.

Автоматизація водогрійного котла дозволяє знизити витрату газу на 1 м<sup>3</sup> / ч, тобто на 5568 м<sup>3</sup> газу на рік, що дозволяє отримати річну значну економію.

Термін окупності зменшується. Коефіцієнт економічної ефективності підвищується-що значно вплине на подальшу модернізацію та експлуатацію водогрійного агрегату. Автоматизація водогрійного котла економічно і технічно вигідна.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

### 3.1. Електрична принципова схема підключення

Принципові схеми показують зв'язок і взаємодію окремих елементів та пристроїв автоматизації за допомогою умовних позначень. На основі принципових схем розробляють монтажні креслення і схеми: креслення щитів, монтажні схеми щитів, схеми зовнішніх з'єднань тощо.

Схема принципова електрична розподільчої мережі містить в собі такі елементи:

- автоматичний двохполюсний вимикач Siemens 5SY4
- автоматичні вимикачі однополюсні Siemens 5SY2
- розетка з заземленням Schneider legrant P3 – (XS)
- лампа освітлення Delux FLI 15Вт – (EL)
- Блок живлення МІКРОЛ БПС24-4к– (G2,3)
- Сигнальна арматура червоного кольору – (HL1...9)

Автоматичні вимикачі призначені для захисту живильного проводу (кабелю) від струму короткого замикання та теплового навантаження.

Розрахунок параметрів автомату проводиться за формулою 4.1.

$$I = \frac{P}{U * \cos \varphi} \quad (4.1)$$

Включенням двохполюсного автоматичного вимикача SF1 Siemens 5SY4 подається напруга в силовий ланцюг і ланцюг управління. Розрахунок першого автоматичного вимикача був проведений враховуючи всі електричні споживачі в щиті автоматизації.

В щиті наявні лампа освітлення DELUX FLI (EL) потужністю 15Вт та

					Кваліфікаційна робота									
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10									
Розроб.		Середич В.М.								Літ.	Арк.	Аркушів		
Керівник		Ельперін І.В.									29	5		
Зав. каф.		Ельперін І.В.								НУХТ-АК-4-ЗСК				
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.												

змонтована розетка з заземленням для використання електроінструменту потужністю 100Вт виробника Schneider Legrant P3 (XS). Тому автоматичний вимикач SF2 розрахований на потужність 115Вт.

На щиті передбачені індикатори ITM-110 для показань фізичних величин. Кожен з приладів має потужність 6.5 Вт. Для даного типу підключення згідно розрахунків доцільно використовувати автомати SF3...SF6 з номінальним током 0.5А.

На щиті передбачена сигнальна арматура червоного кольору AD22-22DS для індикації наявності живлення в щиті.

Схема сигналізації призначена для інформування персоналу та операторів про зміну параметрів технологічного процесу-параметрів які не відповідають заданим або виходять за межі встановлених. Схема реалізована встановленням модуля дискретних виходів Vira SM 323-1BH00.

Схема передбачає сигналізацію таких параметрів:

1. Низька витрата палива (HL1);
2. Низький тиск повітря на пальники (HL2);
3. Низьке розрідження у топці (HL3);
4. Низька температура води (HL4);
5. Низький рівень у барабані (HL5);
6. Високий тиск у барабані (HL6);
7. Наявність газу у котельні (HL7);
8. Низький тиск палива (HL8);
9. Низьке розрідження (HL9);

Передбачена звукова сигналізація у котельні для інформування робочого персоналу про аварійну ситуацію.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 3.2. Розширені схеми підключення засобів автоматизації до модулів розширення

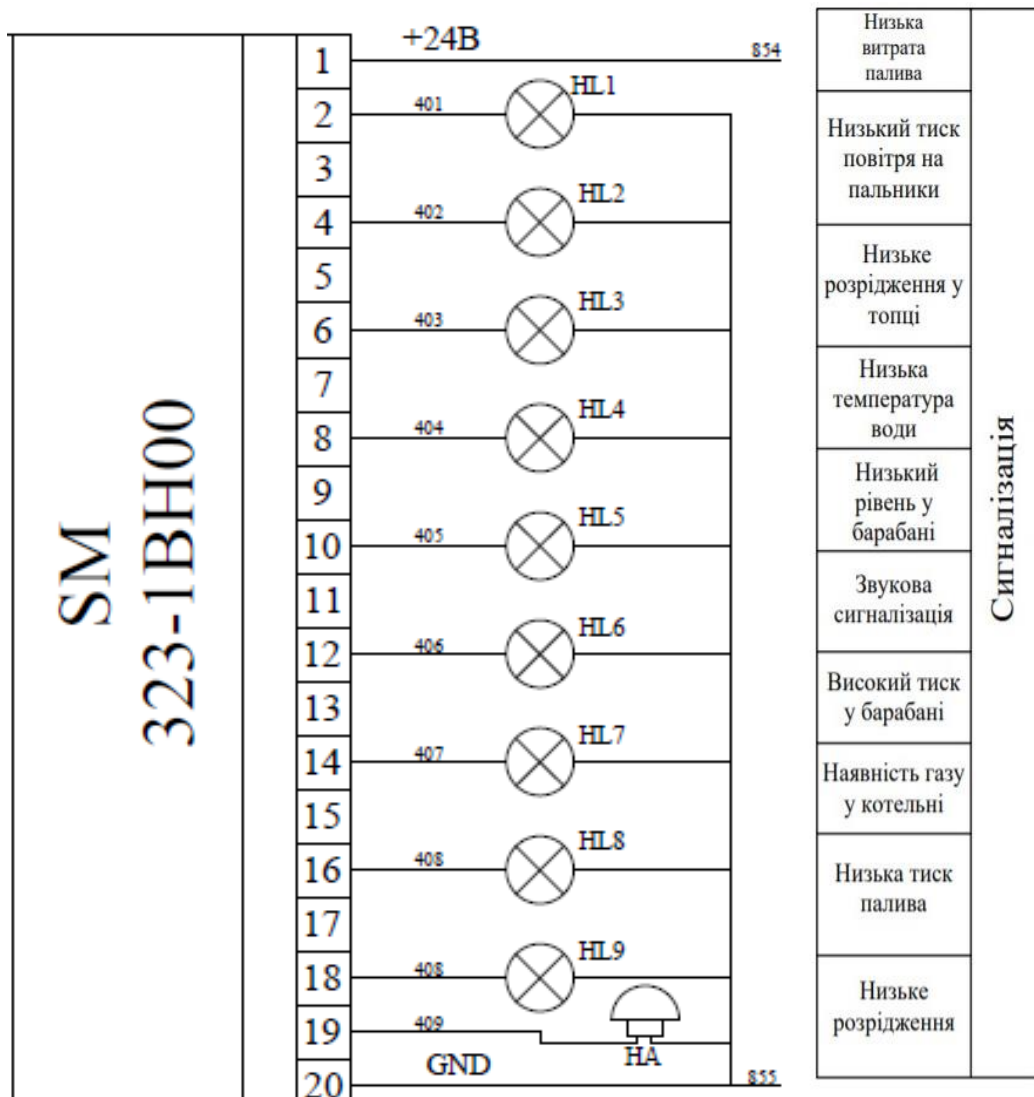


Рисунок 4.2- Модуль дискретних виходів SM 323-1BH00



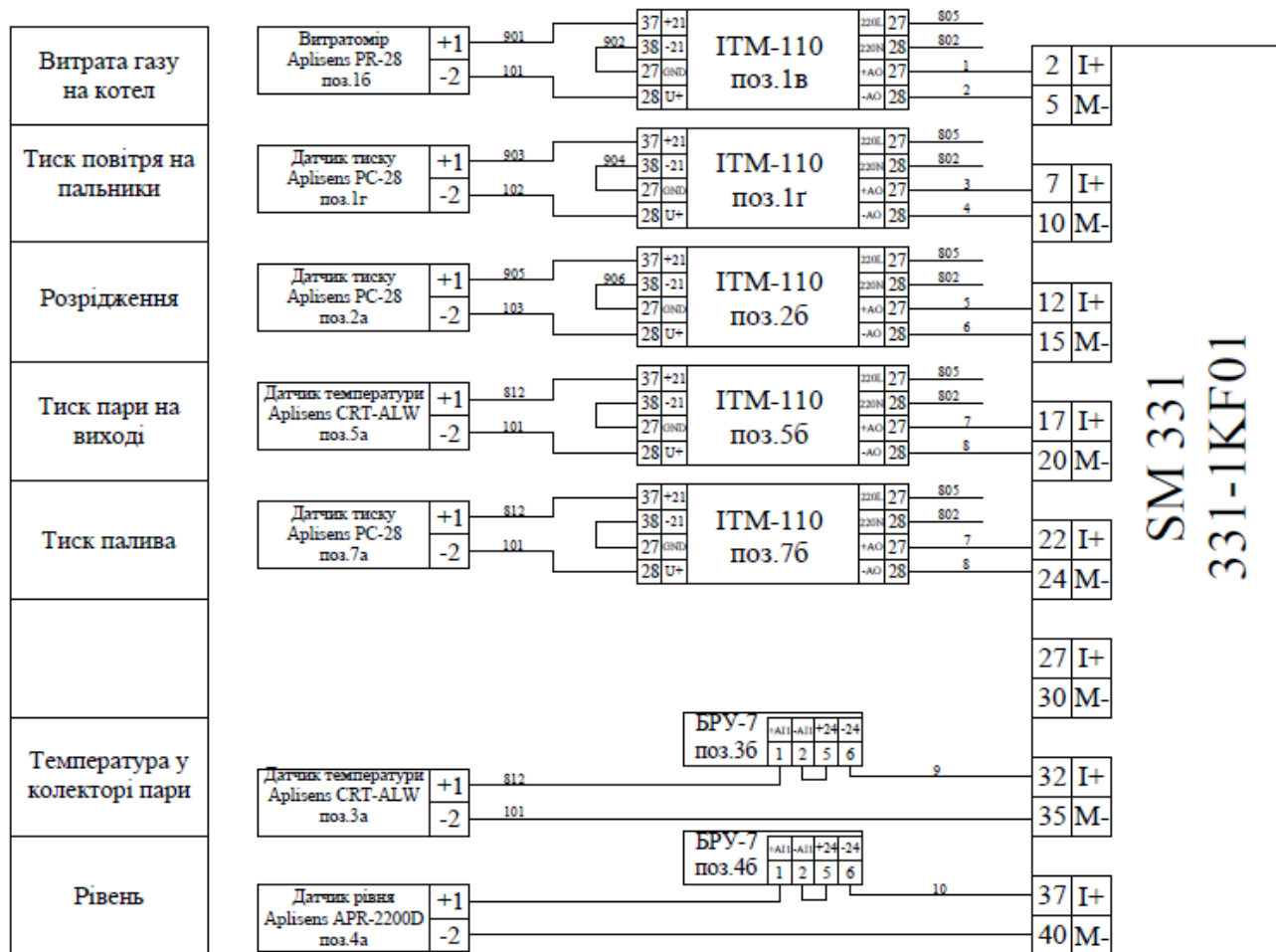


Рисунок 4.5 - Модуль аналогових входів SM 331-1KF01

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для креслення монтажу технічного засобу було вибрано датчик температури Aplisens CRT-ALW.

Датчик Aplisens CTR-ALW призначений для використання в тих випадках, коли потрібне надійне, міцне і точне обладнання в середовищах, що надають жорсткий вплив. Пропонуються версії з різноманітними технологічними і електричними з'єднаннями. Можлива поставка з надставкою довжиною 33 мм, що дозволяє вимірювати температуру до 500 ° С без пошкодження вбудованої електроніки.

Особливості:

- надкомпактна конструкція;
- кожух з кислототривкої нержавіючої сталі (AISI 316L)
- діапазон температур від -50 ° С до + 500 ° С
- вихідний сигнал 4 - 20 мА -різна довжина вставки : 50 - 250 мм

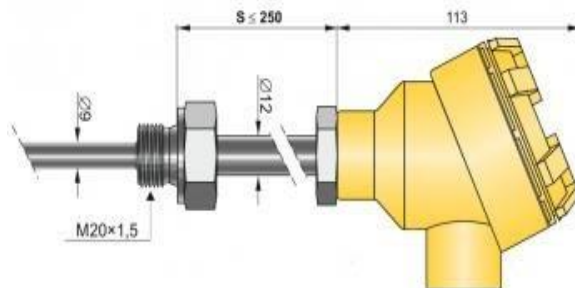


Рисунок 4.6 – Датчик температури Aplisens CRT-ALW

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середич В.М.			Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.					34	2
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

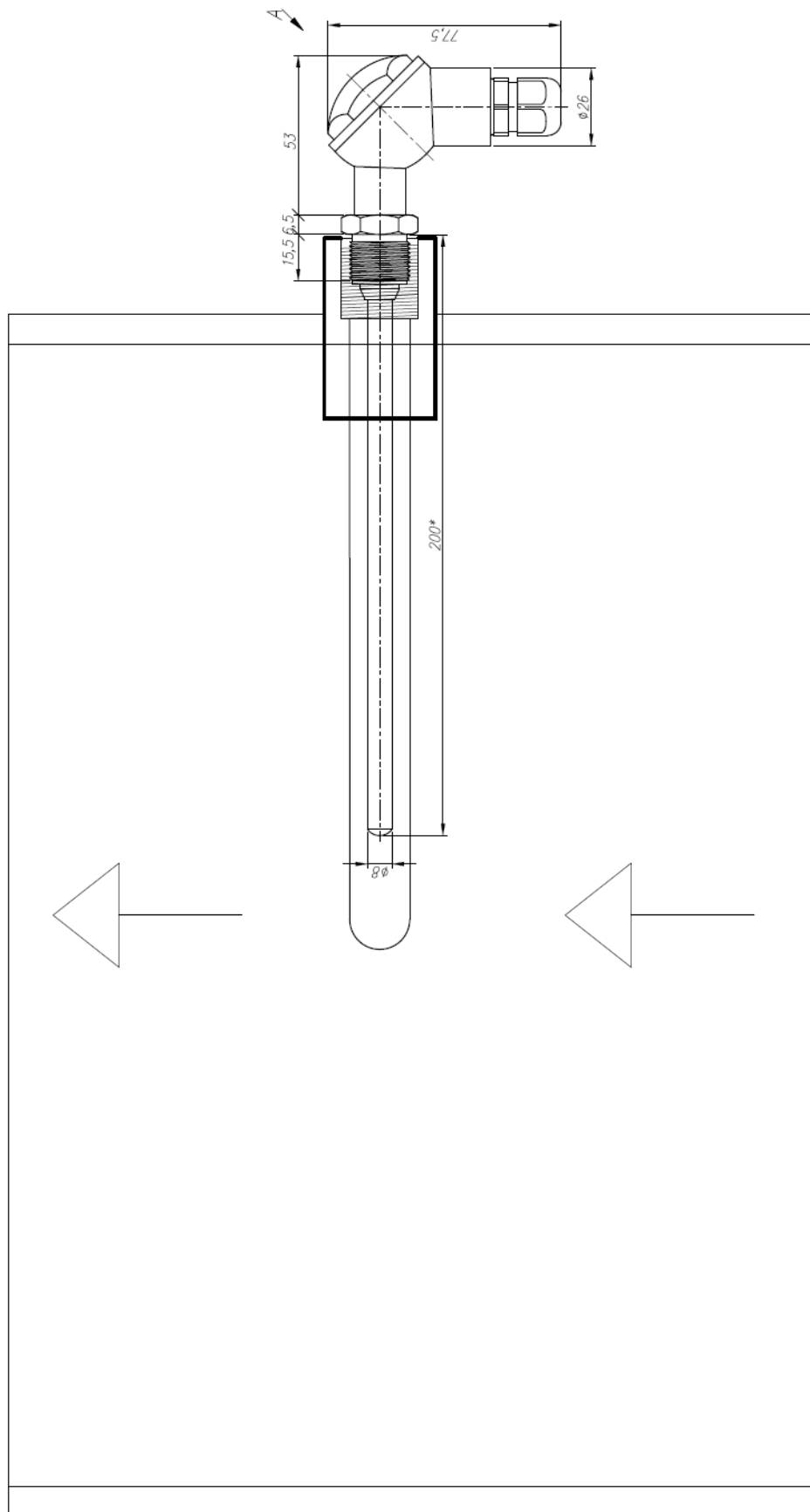


Рисунок 4.7 – Встановлення датчика температури Aplisens CRT-ALW в трубопровід

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Аркуш

35

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для плк (алгоритм та програма)

Сучасні електронні – обчислювальні машини (ЕОМ) здатні сприймати і зберігати інформацію, обчислювати, приймати рішення, видавати кінцеві розв’язки задач і передавати результати користувачеві. Але ЕОМ не в змозі це робити без вказівок людини, кожен її крок має бути підготовлений користувачем. Для цього необхідно написати програму – послідовність команд, відповідно до яких буде функціонувати ЕОМ. Створення такої програми опирається на алгоритм розв’язку задачі, відповідно до якої створюється послідовність команд, яка в подальшому розміщується в пам’ять і виконується. Під алгоритмом розуміють кінцевий набір правил для виконання деякої процедури, який задовольняє трьом основним вимогам: масовість, детермінованість, результативність.

Кожну задачу можна вирішити по різному. Тому при розробці програми управління технологічним процесом слід розробити такий алгоритм, який матиме якомога менше операцій, а отже простішу структуру. Це дасть змогу підвищити швидкодію та надійність програми. При розробці алгоритму треба вказати всі операції в тій послідовності, в якій буде здійснюватися регулювання. Якщо якась операція буде пропущена то програма буде працювати з помилками або взагалі не запускатися.

Найзручнішим способом, за допомогою якого можна представити алгоритм будь-якої складності є структурна блок-схема. Графічне зображення алгоритму розв’язку задачі у вигляді блок-схеми – важливий етап підготовки задачі до розв’язку на ЕОМ. Схема дозволяє адекватно уявити роботу алгоритмів та програми, для якої він розроблений. Аналізуючи блок-схему, можна з’ясувати, як різні входні дані впливатимуть на кінцевий результат та яким чином буде здійснюватися процес регулювання. Структурна блок схема алгоритму регулювання зображення на рисунку 5.1

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середич В.М.			Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.					36	5
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

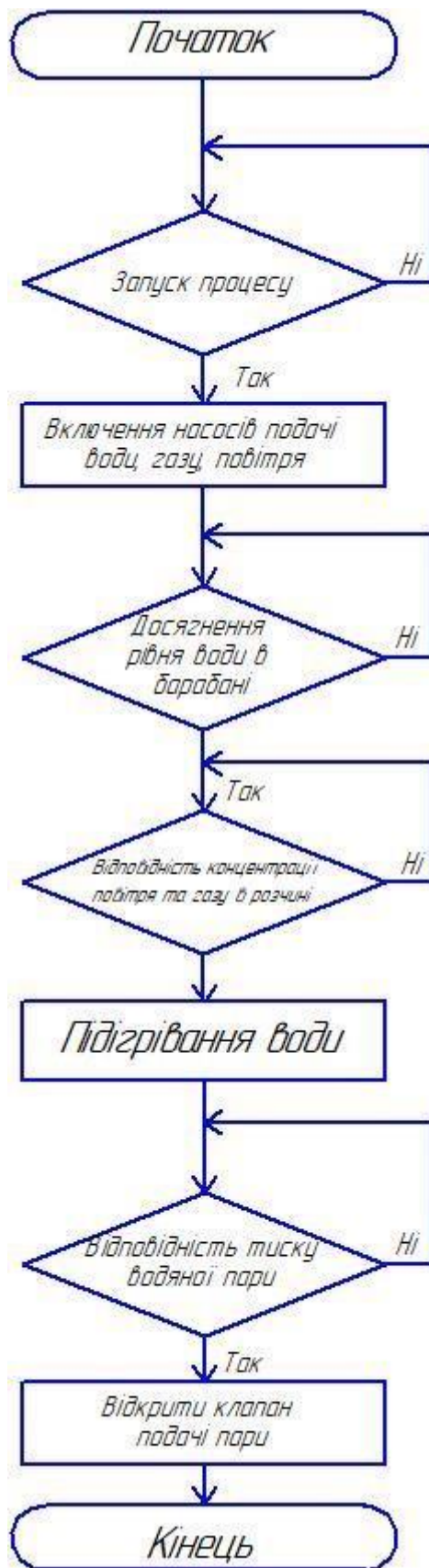


Рисунок 5.1 – Блок-схема алгоритму регулювання

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Перелік змінних, наведених у програмі наведено у таблиці 5.2

## 5.2 Таблица зовнішніх змінних

1	VAR_GLOBAL	▼ KL_rg	Word[Signed]	...	Клапан регулювання подачі газу
2	VAR_GLOBAL	▼ KL_pg	Bit	...	Дварійний клапан перекриття подачі газу
3	VAR_GLOBAL	▼ PT1	Float (Single Precision)	...	Датчик тиску
4	VAR_GLOBAL	▼ FT1	Float (Single Precision)	...	виротомір
5	VAR_GLOBAL	▼ fakel	Bit	...	факел, іскра
6	VAR_GLOBAL	▼ PT2	Float (Single Precision)	...	Датчик тиску
7	VAR_GLOBAL	▼ Vent	Word[Signed]	...	Вентилятор
8	VAR_GLOBAL	▼ PT3	Float (Single Precision)	...	Датчик тиску
9	VAR_GLOBAL	▼ DNP	Bit	...	Датчик наявності полум'я
10	VAR_GLOBAL	▼ QE	Bit	...	Датчик наявності газу
11	VAR_GLOBAL	▼ Dymosos	Word[Signed]	...	Димосос
12	VAR_GLOBAL	▼ KL_v	Word[Signed]	...	Регулюючий клапан подачі води
13	VAR_GLOBAL	▼ nagr_v	Bit	...	нагрівач води
14	VAR_GLOBAL	▼ LE_b	Float (Single Precision)	...	Рівень води в барабані
15	VAR_GLOBAL	▼ TE_p	Float (Single Precision)	...	Температура пари на виході з барабану
16	VAR_GLOBAL	▼ PT4	Float (Single Precision)	...	Датчик тиску пари на виході з барабану
17	VAR_GLOBAL	▼ Pusk	Bit	...	Кнопка пуску
18	VAR_GLOBAL	▼ HL1	Bit	...	Світловий сигналізатор
19	VAR_GLOBAL	▼ HL2	Bit	...	Світловий сигналізатор
20	VAR_GLOBAL	▼ HL3	Bit	...	Світловий сигналізатор
21	VAR_GLOBAL	▼ HL4	Bit	...	Світловий сигналізатор
22	VAR_GLOBAL	▼ HL5	Bit	...	Світловий сигналізатор
23	VAR_GLOBAL	▼ HL6	Bit	...	Світловий сигналізатор
24	VAR_GLOBAL	▼ HL7	Bit	...	Світловий сигналізатор
25	VAR_GLOBAL	▼ HL8	Bit	...	Світловий сигналізатор
26	VAR_GLOBAL	▼ HL9	Bit	...	Світловий сигналізатор
27	VAR_GLOBAL	▼ ZS	Bit	...	Звуковий сигналізатор
28	VAR_GLOBAL	▼ StepProg	Word[Signed]	...	Крок програми

Мовою програмування мікропроцесорного контролера було вибрано ST.

Структурований текст або Structured text (ST) — мова програмування стандарту IEC 61131-3[1], що призначена для програмування промислових контролерів та операторських станцій. Знайшла застосування у SCADA/HMI/SoftLogic пакетах. За структурою й синтаксисом є найближчою до мови програмування Pascal. Мова є зручною для написання великих програм й роботи з аналоговими сигналами та числами з рухомою комою. Основою ST-програми слугують вирази. Результат обчислення виразу присвоюють змінній за допомогою оператора «:=». Кожний вираз обов'язково має закінчуватись крапкою з комою «;». Вирази будуються із змінних, констант і функцій, розділених операторами.

Стандартні оператори у виразах мають символічне позначення, наприклад математичні дії: +, -, \*, /, порівняння тощо. Крім операторів у виразі можуть використовуватись пробіли і табуляція для кращого сприйняття, а також, коментарі. Вираз може містити інший вираз у дужках, що обчислюється у першу чергу.

Вираз обчислюється відповідно до правил пріоритету операцій. У порядку зменшення пріоритету операції розташовуються таким порядком: вираз у

дужках; виклик функції; степінь EXPT; зміна знаку; заперечення NOT; множення, ділення і ділення по модулю MOD; додавання і віднімання; операції порівняння (<, >, <=, >=); рівність (=); нерівність (<>); логічні операції AND, XOR та OR.

Лістинг програми керування автоматизованою системою управління котлом наведено нижче.

```
Vent:=0; Dymosos:=0; KL_rg:=0; KL_v:=0; KL_pg:=FALSE;
  IF Pusk THEN CASE StepProg OF
0:
Vent:=100; Dymosos:=100;
D10:=REAL_TO_INT( PT2); D15:=260;
PID1(TRUE, D15, D10,D20,D25);
Vent:=INT_TO_REAL(D25);
D20:=500; D21:=TRUE; D22:=2; D23:=100; D24:=1;
D30:=REAL_TO_INT( PT3); D35:=20000;
PID2(TRUE, D35, D30,D40,D45);
  Dymosos:=INT_TO_REAL(D45);
D40:=500; D41:=TRUE; D42:=2; D43:=100; D44:=1;
TON_1(IN:= Pusk ,PT:= T#5s );
  StepProg:=1;
1:
  IF TON_1.Q THEN fakel:=TRUE; TON_1(IN:=FALSE); END_IF;
StepProg:=2;
  2:
  IF DNP THEN KL_rg:=90; END_IF;
StepProg:=3;
3:
KL_v:=100; nagr_v:=TRUE; StepProg:=4;
4:
```

```

D50:=REAL_TO_INT( LE_b); D55:=60;
PID3(TRUE, D55, D50,D60,D65);
KL_v:=INT_TO_REAL(D65);
D60:=500; D61:=TRUE; D62:=2; D63:=100; D64:=1;
END_IF; StepProg:=5;
5:
D70:=REAL_TO_INT( TE_p); D75:=370;
PID4(TRUE, D75, D70,D80,D85);
KL_pg:=BOOL_TO_REAL(D85);
D60:=500; D61:=TRUE; D62:=2; D63:=100; D64:=1;
StepProg:=0;
END_CASE;
IF PT1>=670.0 THEN HL8:=TRUE; ZS:=TRUE; KL_pg:=TRUE; END_IF;
IF PT4>=400.0 THEN HL6:=TRUE; ZS:=TRUE; KL_pg:=TRUE; END_IF;
IF QE=TRUE THEN HL7:=TRUE; ZS:=TRUE; KL_pg:=TRUE; END_IF;
IF DNP=FALSE THEN HL9:=TRUE; KL_pg:=TRUE; ZS:=TRUE;END_IF;
END_IF;

```

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Людино-машинний інтерфейс — поняття, що охоплює інженерні рішення, котрі забезпечують взаємодію оператора з керованими ним машинами. Створення систем людино-машинного інтерфейсу тісно пов'язане з ергономікою, але не тотожно їй. Проектування людино-машинного інтерфейсу включає створення робочого місця: крісла, столу, або пульта керування, розміщення приладів і органів управління, освітлення робочого місця, а, можливо, і мікроклімат. Далі розглядаються дії оператора з органами керування, їх доступність і необхідні зусилля, узгодженість (несуперечність) дій, що управляють, і «захист від дурня», розташування дисплеїв і розміри написів на них.

Для створення дисплейної мнемосхеми управління автоматизованою системою управління котлом було використано середовище ГІА Portal. Дисплейна мнемосхема зображена на малюнку 6.1

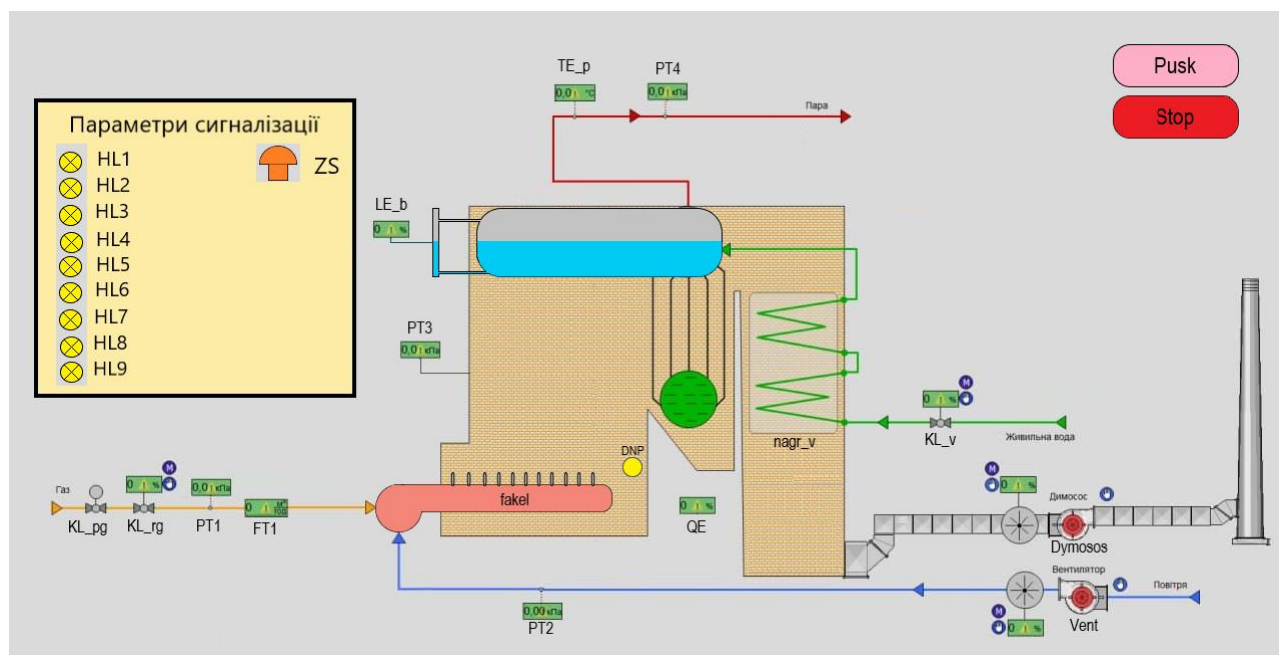


Рисунок 6.1 - Дисплейна мнемосхема управління автоматизованою системою управління котлом

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середич В.М.			Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.					41	1
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ-АК-4-ЗСК			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

## Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

### 7.1 Барабанний котел як об'єкт регулювання

Особливостями об'єктів автоматичного управління теплоенергетики є квазістаціонарність параметрів, нелінійності, багатомірності, неконтрольовані збурення, що значно ускладнюють процеси управління. Як показує досвід експлуатації, штатні системи регулювання недостатньо добре функціонують при великих збурюючі впливах, у тому числі при глибоких змінах навантаження. При цьому регульовані параметри виходять за припустимі регламентом значення, що приводить до зниження надійності устаткування, а в деяких випадках до спрацювання аварійних захистів котлоагрегата.

Барабанний котел являє собою складну динамічну систему[2], при проектуванні якої важливо врахувати всі взаємозв'язки між технологічними параметрами котла (див. Рисунок 7.1).

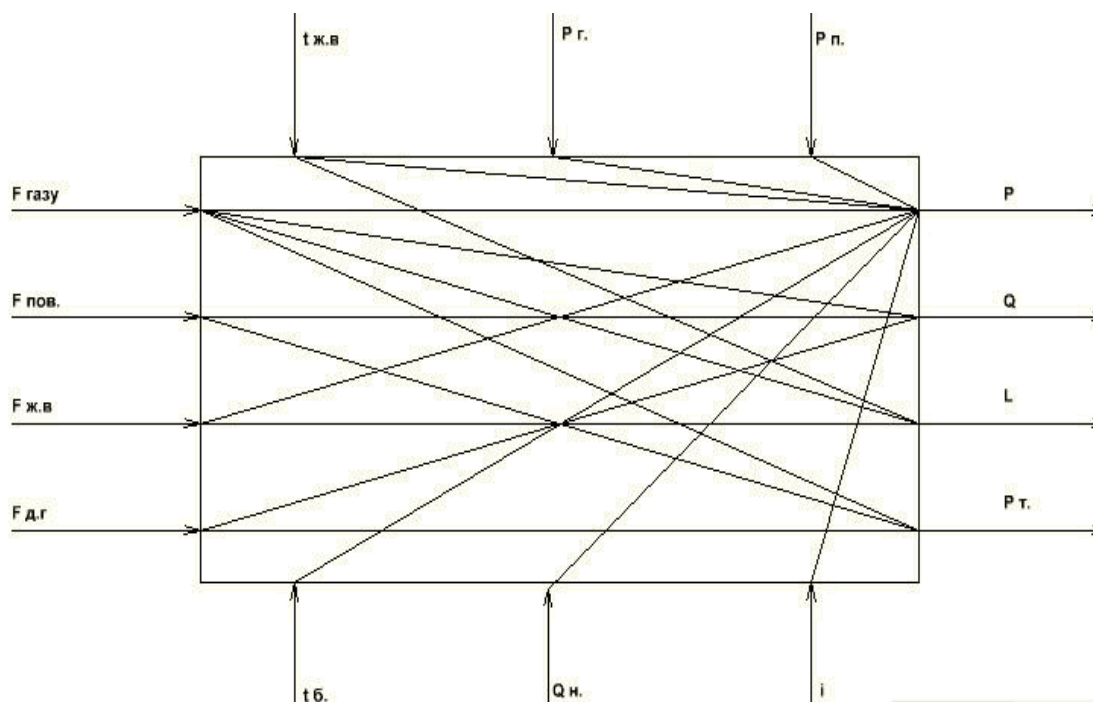


Рисунок 7.1 – Параметричний аналіз об'єкту керування

					Кваліфікаційна робота					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації котельні типу ДКВР-10			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Середич В.М.								42
Керівник		Ельперін І.В.			НУХТ-АК-4-ЗСК					
Зав. каф.		Ельперін І.В.								
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.								

Параметричний аналіз об'єкту керування парового котла включає:

$F_{\text{газу}}$  - витрата газу;

$F_{\text{пов}}$  - витрата повітря;

$F_{\text{ж.в}}$  - витрата живильної води;

$F_{\text{д.г}}$  - витрата димових газів;

$P_p$  - тиск пари;

$Q$  - вміст кисню в димових газах;

$P_t$  - розрідження в топці;

$L$  - рівень живильної води в барабані;

$Q_n$  - хімічний склад палива;

$i$  - ступінь змішування газу з повітрям;

$t_b$  - температура зовнішнього середовища;

$t_{\text{ж.в}}$  - температура живильної води;

$P_g$  - тиск газу;

$P_p$  - тиск повітря.

Вхідними величинами технологічного об'єкту є такі параметри: витрата газу, витрата живильної води, витрата повітря, витрата димових газів.

Вихідними величинами технологічного об'єкту є такі параметри: тиск пари, вміст кисню в димових газах, рівень живильної води в барабані, розрідження в топці.

Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності АСУТП теплоенергетичних процесів є використання нових структур систем регулювання. Удосконалення таких схем шляхом доповнення контурами підстройки параметрів в режимі нормальної експлуатації та в перехідних режимах дозволить суттєво підвищити якість регулювання і розширити область їх використання.

Оскільки паровий котел є дуже складною динамічною системою з великою кількістю пов'язаних вхідних/вихідних величин (див. Рисунок 1.3), при побудові

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

АСР необхідно розбивати загальну систему регулювання на декілька незалежних систем.

Загальна автоматична система регулювання (АСР) барабанного парового котла складається з:

1. АСР теплового навантаження котла;
2. АСР економічності горіння палива;
3. АСР розрідження в топці котла;
4. АСР температури перегрітої пари;
5. АСР живлення водою;
6. АСР неперервної продувки.

## 7.2 Вимоги до функціонування САР котла

Для забезпечення бажаних показників якості регулювання необхідно підтримувати регульовані параметри з певною точністю. Допустимий діапазон відхилення регульованих параметрів від номінальних значень:

1. регулювання рівня в барабані котла –  $\pm 100$ мм;
2. регулювання витрати води на продувку –  $\pm 0,025$ т/год;
3. підтримання тиску пари в барабані котла – до  $\pm 13$ кПа;
4. регулювання розрідження в топці котла в межах - до  $\pm 20$  Па від номінального значення;
5. допустиме відхилення по температурі перегрітої пари  $\pm 5^\circ\text{C}$ ;
6. підтримання вмісту кисню в димових газах в межах  $\pm 1\%$ .

Розробки у даній предметній 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 комплексну математичну модель всіх важливих контурів котла, можна підвищити ефективність алгоритмів керування, а, отже, і системи, в цілому.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 7.3 Математична модель окремих ділянок та процесів об'єкта керування

### 7.3.1 Динамічна модель розрідження в топці котла

На схемі Рисунок 7.2 показано регулюючі та збурювальні впливи на розрідження (Rozridgeniya). Розрідження в топці котла змінюється за рахунок зміни продуктивності димососа (Yout). Збуренням в цій схемі є витрата повітря (Zburenniya-Flow air).

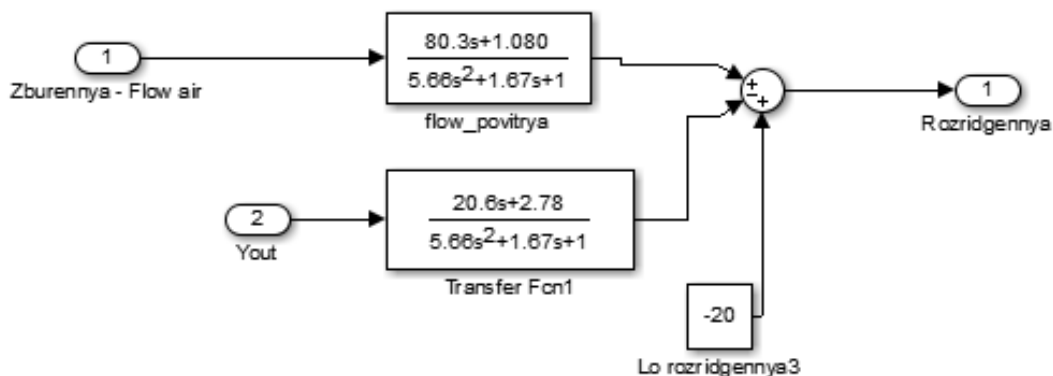


Рисунок 7.2 - Математична модель розрідження

Передаточні функції каналів продуктивність димососа-розрідження та витрата повітря-розрідження:

– продуктивність димососа-розрідження в топці котла:

$$W(s) = \frac{20.6s + 2.78}{5.66s^2 + 1.67s + 1};$$

– витрата повітря-розрідження в топці котла:

$$W(s) = \frac{80.3s + 1.080}{5.66s^2 + 1.67s + 1}.$$

### 7.3.2 Динамічна модель економічного спалювання палива

Взаємозв'язки між параметрами, які характеризуються процес спалювання палива, показано на Рисунок 7.3.

Регулюючим впливом є витрата повітря (Flow air), яка змінюється за допомогою зміни продуктивності вентилятора (Y\_InternalReg). Збуренням

роботи системи є витрата палива (Zburennya – Flow fuel). Додатково у системі є вихід по тиску повітря (Air pressure).

Показником економічності процесу горіння є концентрація кисню в димових газах (CO<sub>2</sub>), тому в даній схемі регульованою величиною є саме цей параметр.

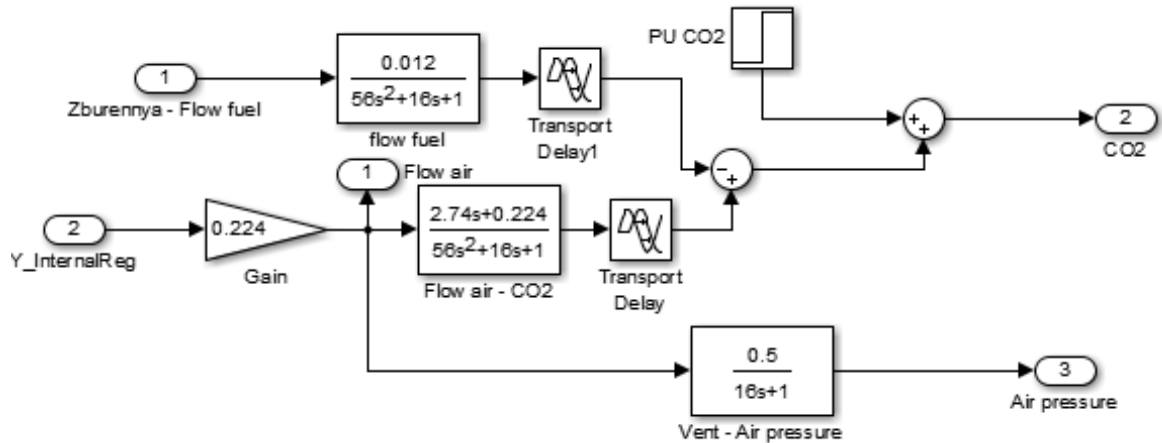


Рисунок 7.3 - Математична модель економічності горіння

Передаточні функції каналів у схемі такі:

– продуктивність вентилятора-витрата повітря

$$W(s) = 0,224 ;$$

– продуктивність вентилятора – тиск повітря

$$W(s) = \frac{0,5}{16s + 1} ;$$

– витрата повітря – вміст O<sub>2</sub>

$$W(s) = \frac{2,74s + 0,224}{56s^2 + 16s + 1} \cdot e^{-45s} ;$$

– витрата палива - вміст O<sub>2</sub>

$$W(s) = \frac{-0.012}{56s^2 + 16s + 1} \cdot e^{-25s} .$$

### 7.3.3 Динамічна модель рівня води в барабані котла

Рисунок 7.4 показує, як впливають технологічні параметри на рівень води в барабані котла.

На рівень (Level) впливають витрата живильної води, яка змінюється за рахунок зміни положення клапана подачі води в барабан котла (Yout, є сигналом керування), витрата пари (Flow steam), витрата палива (Flow fuel) та витрата води на продувку (Flow produvka). При виникненні аварійної ситуації вода з барабану може зливатися через аварійний клапан (Alarm\_zliv).

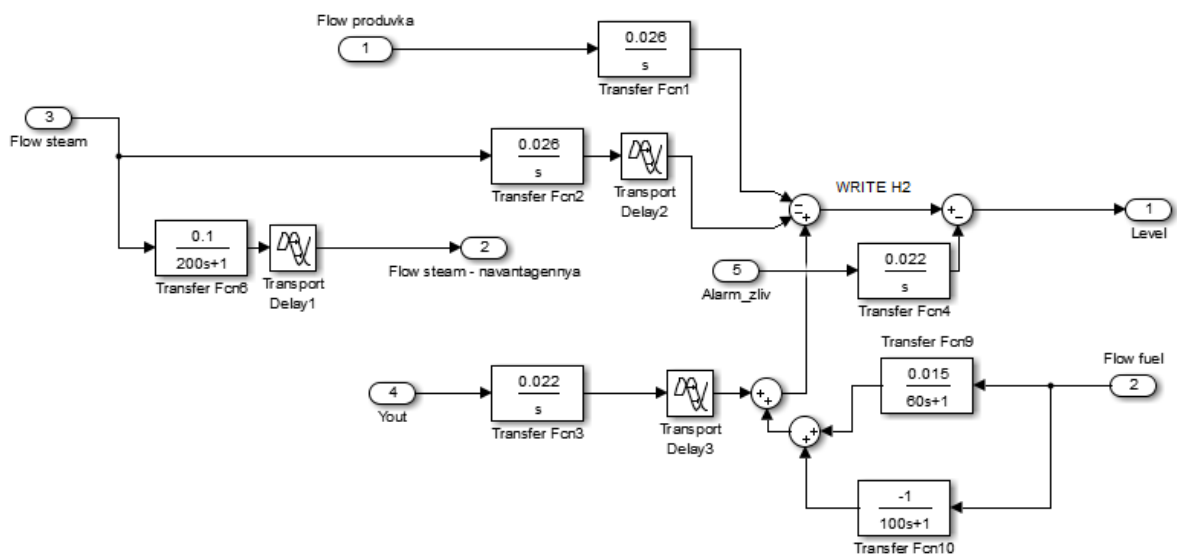


Рисунок 7.4 - Математична модель рівня

Передаточні функції каналів у схемі:

– подача живильної води – рівень в барабані

$$W(s) = \frac{1}{45,5s} e^{-20s};$$

– витрата палива – рівень в барабані

$$W(s) = \frac{0,015}{60s + 1} + \frac{-1}{100s + 1};$$

– витрата пари - рівень в барабані

$$W(s) = \frac{1}{3,9s} e^{-70s};$$

– витрата води на продувку – рівень води в барабані

$$W(s) = \frac{1}{3,9s}.$$

### 7.3.4 Динамічна модель теплового навантаження

Динамічна модель теплового навантаження є дуже складною (Рисунок 7.5). Параметр, що характеризує теплове навантаження є тиск пари в паровій магістралі від котла (P\_magistrali). Зміна тиску пари відбувається за рахунок зміни подачі палива, що відбувається за рахунок керування регулювальним органом (Yout). Збуренням для цієї системи регулювання є витрата пари (Flow steam). У цій схемі додатково виведено сигнал по тиску палива (Fuel press).

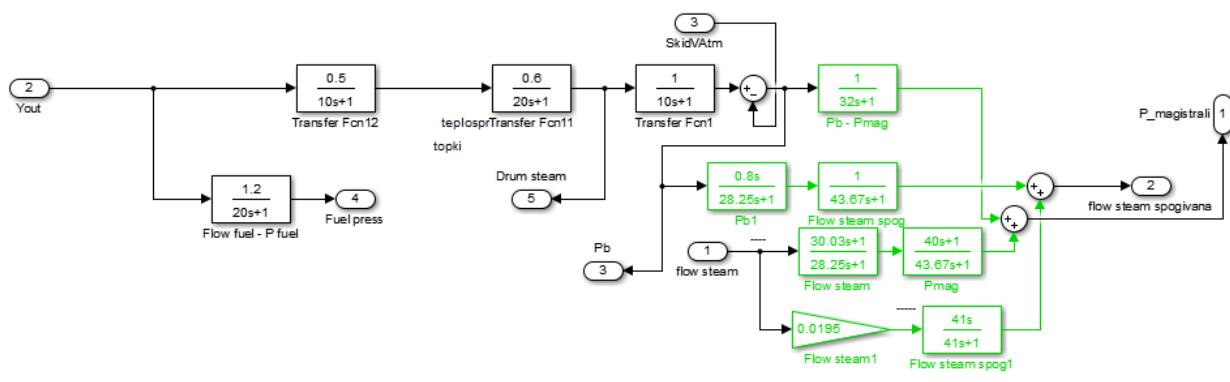


Рисунок 7.5 - Математична модель теплового навантаження

Передаточні функції каналів у схемі:

– Тиск в барабані - тиск в магістралі

$$W(s) = \frac{1}{32s + 1};$$

– тиск в барабані- витрата споживаної пари

$$W(s) = \frac{0,8s}{28,25s + 1} \cdot \frac{1}{43,67s + 1};$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

– витрата пари - тиск в магістралі

$$W(s) = \frac{30,03 s + 1}{28,25 s + 1} \cdot \frac{40 s + 1}{43,67 s + 1};$$

– витрата пари – витрата споживаної пари

$$W(s) = 0,0195 \cdot \frac{41 s}{41 s + 1};$$

– витрата палива - тиск палива

$$W(s) = \frac{1,2}{20 s + 1};$$

– витрата палива – теплосприйняття топки

$$W(s) = \frac{0,5}{10 s + 1};$$

– теплосприйняття в топці – витрата пари з барабану

$$W(s) = \frac{0,6}{20 s + 1}.$$

### 7.3.5 Динамічна модель неперервної продукції

Математична модель процесу неперервної продукції показана на Рисунок 7.6. Вміст солей у котловій воді (NaCl) підтримується за рахунок зміни витрати продувочної води з барабану, за рахунок зміни положення клапана продувочної води (Yout). Для імітації збільшення вмісту солей у котловій воді додано вплив збурення (Dist).

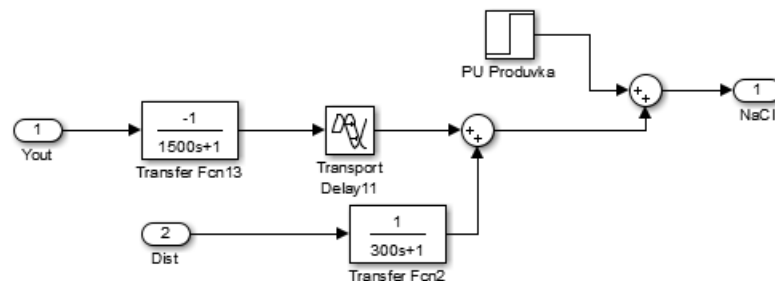


Рисунок 7.6 - Математична модель неперервної продукції

Передаточні функції каналів у схемі:

– витрата води на продувку – вміст солей в барабані

$$W(s) = \frac{-1}{1500 s + 1} e^{-120 s}$$

### 7.3.6 Динамічна модель температури перегрітої пари

Для регулювання температури перегрітої пари в алгоритм регулювання необхідно вводити значення температури в двох характерних точках (Рисунок 7.7) – безпосередньо після місця вприску (TpromTochka) та на виході із котла (Tpp). Температура підтримується вприском охолоджуючої води в паропровід (Yout).

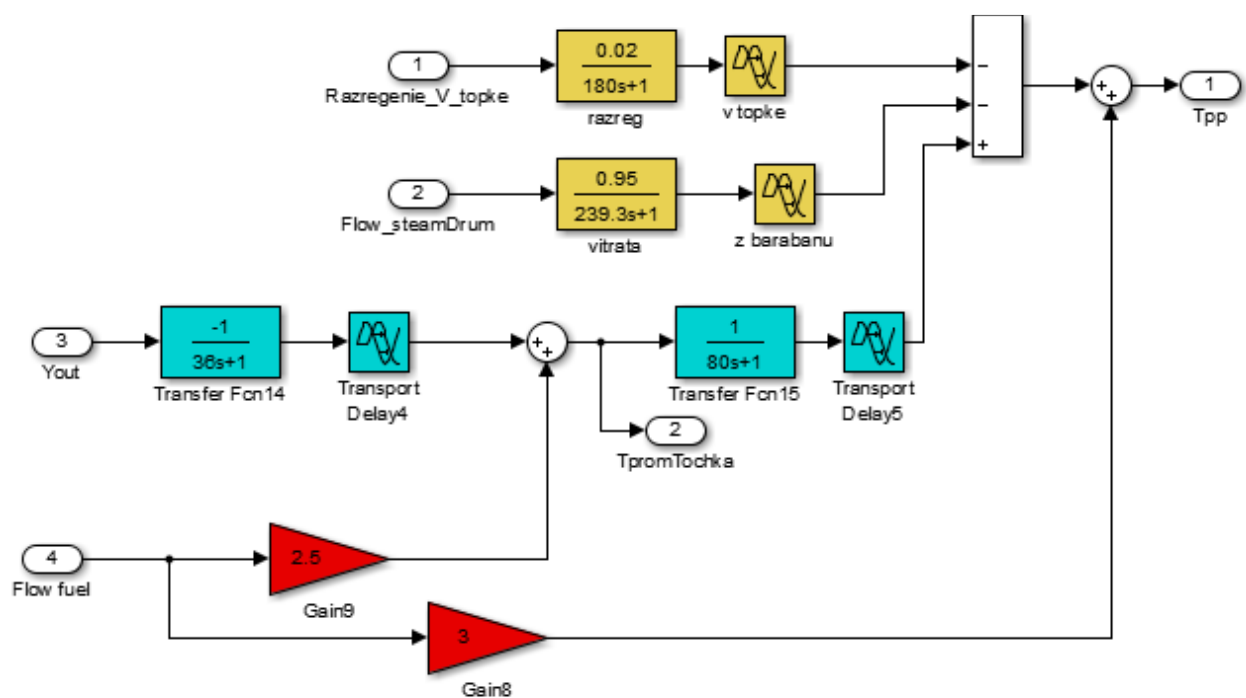


Рисунок 7.7 - Математична модель температури перегрітої пари

Збурюючими впливами на регулювання температуру перегріву пари є розрідження в топці котла (Razrezenie\_V\_topke) та витрата пари із барабану (Flow\_steamDrum).

Передаточні функції:

– розрідження в топці – температура перегрітої пари

$$W(s) = \frac{0,02}{180s + 1} e^{-50s};$$

– витрата пари з барабану – температура перегрітої пари

$$W(s) = \frac{0,95}{239,3s + 1} e^{-79,8s};$$

– витрата води на вприск – температура в проміжній точці

$$W(s) = \frac{1}{36s + 1} e^{-6s};$$

– витрата води на вприск – температура після пароперегрівника

$$W(s) = \frac{1}{80s + 1} e^{-12s};$$

## Розділ 8. Охорона праці

Одним з найважливіших державних завдань є охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці.

Законодавство України відображає значну частину міжнародних стандартів з організації управління охороною праці на різних рівнях. Закон України „Про охорону праці” містить окремий розділ про організацію охорони праці, її управління на підприємствах, в установах, організаціях.

Норми з техніки безпеки містять обов'язкові вимоги, яким повинно відповідати підприємство в цілому, виробничі приміщення, усі види обладнання і технологічні процеси з точки зору безпеки праці, попередження травматизму.

Приміщення парових котелень відноситься до пожежно-небезпечної категорії Д та має II ступінь вогнестійкості.

До роботи в котельні допускають осіб, що досягли 18 років, пройшли медогляд, вступний та первинний інструктажі з питань охорони праці на робочому місці, перевірку знань у кваліфікаційній комісії та стажування протягом 2-15 змін.

Перед початком роботи з котлами необхідно одержати завдання та затверджений головним інженером наряд-допуск на проведення робіт.

На котельні присутні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- підвищена температура;
- рівень освітленості;
- шум та вібрація;
- незахищені рухомі вузли обладнання;
- термічні та хімічні опіки; -можливість отруєння.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота		
Розроб.		Середич В.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ельперін І.В.				52	3
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.					

Для підтримання мікроклімату у котельні використовується теплоізоляція та потужна адаптивна система вентиляції приміщення.

Основними джерелами шуму та вібрації в приміщенні котельні є працююче обладнання. Для зменшення шуму та вібрації у виробничому приміщенні застосовують такі заходи:

- застосування високоякісних підшипників;
- малошумних зубчастих передач і електродвигунів;
- дотримання технологічної дисципліни при виготовленні і складання вузлів ;
- конструктивної зміни джерела;
- підвищенням якості балансування;
- підвищення точності виготовлення деталей;
- поліпшенням мастила;
- поліпшенням класу чистоти третьових поверхонь, тощо.
- акустичну обробку приміщень (застосування звукопоглинальних пристроїв);
- ізоляцію джерел шуму або приміщень (звукоізолювані огороження, кожухи, кабіни, екрани, засоби віброізоляції);
- застосування глушника шуму;
- встановлення обладнання на масивних фундаментах ізолюваних від несучих конструкцій.

Приміщення котельні забезпечене достатнім комбінованим штучним освітленням протягом всієї доби, окремо для вимірювальних пристроїв (манометри, термометри, вакуумметри) встановлене місцеве освітлення.

При обслуговуванні парових котлів потрібно слідкувати за:

- показниками контрольно-вимірювальних пристроїв; -рівномірним надходженням живильної води.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

- температурою пари на виході;
- тиском у барабані
- роботою запобіжних клапанів

Усувати порушення технологічного режиму роботи необхідно шляхом приведення параметрів процесу до установлених норм. Найбільш небезпечними аварійними ситуаціями являються:

- підвищення тиску пари;
- невідповідне співвідношення газ-повітря;
- недостатнє розрідження в апараті;
- порушення температурного режиму;
- порушення роботи пальників;
- загасання факелу;
- наявність газу та топочних газів в приміщенні;
- низький рівень води в барабані.

Система запобігання пожежі на виробництві включає такі заходи:

- надійна теплоізоляція конструктивних елементів приміщення;
- додержання протипожежної інструкції;
- своєчасне змащення підшипників;
- дотримання режимних параметрів роботи на обладнанні;
- контроль надійності електричної ізоляції.

Всі шкідливі фактори, в тій чи іншій мірі, можуть бути причинами виникнення нещасних випадків на виробництві або бути причинами професійних захворювань працівників.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

## ВИСНОВКИ

В ході виконання проекту було спроектовано систему автоматизації водогрійного котла. Використання складних контурів управління, контролю та сигналізації, котрі розроблені на базі сучасних засобів автоматизації та технологічного контролю, на ряду зі складною технічною схемою виробничого процесу, в свою чергу потребує високого рівня знань проектування систем автоматизації та досвіду.

Автоматизація котельні включає в себе автоматичне регулювання, дистанційне керування, технологічний захист, теплотехнічний контроль, технологічні блокування і сигналізацію.

За рахунок використання новітньої мікропроцесорної техніки підвищиться швидкість регулювання системою, зменшиться час налаштування та зміни обладнання системи, зменшиться витрата сировини та енергоносіїв, можливість операторського контролю та керування за допомогою ЕОМ. Використання більш новітніх засобів автоматизації підвищить точність показань та час експлуатації приладів.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

## Список використаної літератури

- 1) Алексеев К.А., “Монтаж средств измерений и автоматизации” Справочник / В.С. Антипин, А.Л. Ганашек и др.; Под ред. А.С. Ключева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010 р.
- 2) Бабіченко А.К. “Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої” В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, М.О. Подустов. О.В. Пугановський. / За заг. ред. А.К.Бабіченка: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2015 р. - 470 с.
- 3) Бабіченко А.К. “Промислові засоби автоматизації. Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої” В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, В.І. Молчанов, М.О. Подустов, О.В. Пугановський, В.І. Вельма. / За заг. ред. А.К.Бабіченка: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2013 р. - 658 с.
- 4) Ельперін І.В. Промислові контролери: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
- 5) Зігунов О.М. "Порядок виконання і оформлення текстової і графічної документації" / О.М.Зігунов; Х.: СТХП НУХТ, 2013 р. - 42 с.
- 6) Каминский В.М. “Монтаж приборов и систем автоматизации”, М.Л.Каминский/ Навч. посіб. - - М.: Высшая школа, 2012 р. -248 с., ил.
- 7) Третьяков А.А. “Монтаж, наладка, эксплуатация систем автоматизации” / Н.В. Назаров - - М.: Недра, 2010 р. - 224 с.
- 8) Трегуб В.Г. “Проектирование систем автоматизации”. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.
- 9) Широков Л.А. “Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности” / В.И. Михайлов, Р.З. Фельдман и др.; под ред. Л.А. Широкова. - М.: Агропромиздат, 2014р. – 311 с.
- 10) Каталог продукції МІКРОЛ: [Електрон. ресурс] <http://www.ukr-prom.com/cat-kontrolno-izmeritelnie-priboriiavtomatika/avtomatika/1438/>.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56