

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
 ім. Ю.М. ПОТЕБІНІ

Кафедра електронної інженерії та кібернетичних систем  
(вказати назву кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)**

турної (автомобільної)  
(вказати назву роботи)

на тему Проект автоматизованої жолобості для  
температурних режимів системи автоматичного  
регулювання температурного режиму мотоблока в режимі  
режимування

Виконав: студент 5 курсу, групи АІТ-1818  
 спеціальності 151 - Автоматизовані та  
телемеханічні системи керування  
(вказати назву спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(вказати назву спеціалізації)

освітньої програми Автоматизовані та  
телемеханічні системи керування  
(вказати назву освітньої програми)

Сергій Сергійович  
(вказати прізвище)

Керівник к.т.н. д-р Богданов О.М.  
(вказати прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, ґрунтуючись на спеціальності)

Рецензент д-р фізико-математичних наук А.М.Медвед  
(вказати прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, ґрунтуючись на спеціальності)

Земляк О.І.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
 ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Системної інженерії та обчислювальних систем  
 Рівень вищої освіти першої (бакалаврської)  
 Спеціальність 151 - Автоматизовані та комп'ютерно-інтегровані системи  
(код за ОКР)  
 Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код за ОКР)  
 Освітня програма Автоматизовані та комп'ютерно-інтегровані системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри [Підпис]  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

ЗАВДАННЯ  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Сергій Іванович Володимирів  
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Проект автоматизації інформаційної системи обчислювальних систем. Система автоматизованого управління технологічним процесом виробництва продукції на підприємстві  
 керівник роботи Сергій Іванович Володимирів, канд. техн. наук, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, повна назва посади, місце роботи)  
 затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1794-С
- Строк подання студентом роботи 12.05.2023р
- Вихідні дані до роботи Технічне завдання, інструкція до програми, дані, необхідні для розробки програмного забезпечення
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вибір методів обчислення функціональних рівнянь управління процесом технологічного виробництва, проектування системи автоматизації
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

функціональна схема автоматизованої системи, структурна схема системи, математичне моделювання системи, дані вихідні дані, дані звітних з'єднань



## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бурмаченко В.М. доц.		
2	Бурмаченко В.М. доц.		
3	Бурмаченко В.М. доц.		
4	Бурмаченко В.М. доц.		
5	Бурмаченко В.М. доц.		
6	Бурмаченко В.М. доц.		
7	Бурмаченко В.М. доц.		
8	Бурмаченко В.М. доц.		

7 Дата видачі завдання 20 березня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення тематики роботи	20.03 - 26.03 2023р.	виконано
2	Аналіз літератури збірки на тему роботи	27.03 - 03.04 2023р.	виконано
3	Збір даних експерименту	03.04 - 09.04 2023р.	виконано
4	Модельовання АСР	10.04 - 16.04 2023р.	виконано
5	Збір експериментальних даних згідно з програмою	17.04 - 23.04 2023р.	виконано
6	Визначення кінцевої частини роботи	24.04 - 30.04 2023р.	виконано
7	Визначення кінцевої частини роботи, оформлення	01.05 - 07.05 2023р.	виконано
8	Збір даних експерименту, оформлення	08.05 - 14.05 2023р.	виконано
9	Захист роботи	22.05 - 28.05 2023р.	виконано

Студент

Соловйов С.В.  
(Підписати та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

Бурмаченко В.М.  
(Підписати та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Васильченко С.А.  
(Підписати та прізвище)

## РЕФЕРАТ

На пояснювальну записку кваліфікаційну роботу бакалавра на тему: «Проект автоматизації хімводоочистки для теплогенеруючих об'єктів. Система автоматичного регулювання температури прямої мережевої води на лінії рециркуляції», яка включає 96 стор. машинописного тексту, 16 рис., 13 табл. та 55 джерел літератури.

Метою роботи є розробка система автоматичного регулювання (САР) температури прямої мережевої води на лінії рециркуляції.

У загальній частині надана характеристика теплогенеруючих об'єктів, а також описаний технологічний процес лінії рециркуляції прямої мережевої води. Розглянуто існуючий рівень автоматизації, вказані його недоліки та сформульовано завдання на проектування системи автоматичного регулювання. Розроблена схема матеріальних та інформаційних потоків.

У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації лінії рециркуляції прямої мережевої води, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблені принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, принципово електрична схема живлення, схеми зовнішніх з'єднань, спроектований щит КВПіА. Виконана проєктна оцінка надійності САР.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних на шкідливих факторів виробництва.

В економічній і організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

КОТЕЛЬНЯ, ПРЯМА МЕРЕЖЕВА ВОДА, ЛІНІЯ РЕЦІРКУЛЯЦІЇ,  
ТЕМПЕРАТУРА, РЕГУЛЮВАННЯ, КОНТРОЛЕР, ПРОЄКТ.

## ЗМІСТ

Реферат.....	1
Вступ.....	7
1 Вивчення особливостей функціонування технологічних агрегатів, аналіз існуючого рівня автоматизації .....	9
1.1 Загальна характеристика теплогенеруючих об'єктів .....	9
1.2 Принцип роботи котельної.....	12
1.3 Лінія рециркуляції мережевої води, як об'єкт автоматизації.....	14
1.4 Аналіз систем автоматизації теплогенеруючих об'єктів України та Зарубіжжя.....	16
1.5 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків.....	17
2 Розробка технічного завдання .....	22
2.1 Вимоги до системи в цілому .....	22
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи.....	22
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи.....	26
2.1.3 Вимоги до надійності системи.....	27
2.1.4 Вимоги до безпеки .....	28
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження системи і окремих елементів.....	28
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу ..	29
2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях.....	29
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів .....	29
2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації.....	30
2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою .....	30
2.3 Вимоги до видів забезпечення.....	31
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення .....	31
2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення .....	31
2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення.....	32

	6
2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення .....	33
2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення .....	34
2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення .....	35
3 Проєктування системи автоматизації .....	37
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА .....	37
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру .....	39
3.3 Вибір математичної моделі системи управління.....	39
3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА .....	43
- погрішність виміру не більше 0,01% у діапазоні 1:10;.....	45
4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	54
4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі .....	58
4.6 Схема зовнішніх з'єднань по каналу регулювання технологічної величини.....	58
5 Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів автоматизації .....	60
6 Розрахунок надійності системи автоматизації.....	61
7 Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок техніко – економічних показників.....	65
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації .....	65
7.2 Розрахунок техніко-економічних показників .....	66
8 Техніка безпеки та охорона праці .....	77
Висновок .....	87
Використані джерела .....	88

## ВСТУП

Водні системи теплогенеруючих об'єктів, такі як котельні, ТЕС, АЕС тощо, потребують постійного технічного обслуговування і очищення для забезпечення ефективної роботи. В разі відсутності регулярної хімічдовоочистки системи можуть забруднюватися, що призводить до погіршення їх функціонування, збільшення енергоспоживання та зниження їх ресурсу. Автоматизація хімічдовоочистки може допомогти уникнути помилок людського фактору та підвищити ефективність очищення. Сучасні автоматизовані системи вимірюють показники якості води, такі як рН, рівень окисдування-відновлення, концентрація різних речовин та інші, і самостійно вносять зміни в процес очищення в залежності від потреб системи.

Різні контури САР технологічних процесів теплогенеруючих об'єктів можуть бути зв'язані з мережею моніторингу, що дозволить оперативно виявляти та вирішувати проблеми водних систем, виявляти витіки в системі та повідомляти про них відповідні служби технічного обслуговування.

Використання цифрової обчислювальної техніки дозволяє запрограмувати практично будь-який алгоритм управління, і забезпечити більш високу точність регулювання, ніж при використанні аналогової техніки. Після впровадження автоматизації можливо отримати стабільність технологічного процесу, що є економічно вигідним показником для теплогенеруючих об'єктів.

Вимірювання температури прямої мережевої води на лінії рециркуляції є важливим елементом в контролі параметрів водної системи котельні. Температура прямої мережевої води є ключовим параметром, який визначає ефективність роботи котла, для забезпечення оптимального використання палива, електроенергії, і дозволить знизити експлуатаційні витрати.

Перегріта вода може призвести до пошкодження обладнання, включаючи котел та систему рециркуляції. Контроль температури на лінії

рециркуляції може допомогти запобігти перегріву води та покращити безпеку роботи системи.

Отже, основними цілями автоматизації технологічного процесу є:

- підвищення ефективності технічного обслуговування;
- зниження ризику виникнення помилок людського фактору і скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості опалення;
- зниження витрат палива і електроенергії;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Мета випускної кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка система автоматичного регулювання (САР) температури прямої мережевої води на лінії рециркуляції.

Об'єкт розробки – технологічний процес лінії рециркуляції мережевої води.

Предмет дослідження – система автоматизованого управління процесами теплогенеруючих об'єктів.

Цілі досягаються за допомогою вирішення наступних завдань автоматизації технологічного процесу:

- поліпшення якості регулювання;
- підвищення коефіцієнта готовності обладнання;
- поліпшення ергономіки праці операторів процесу;
- забезпечення достовірності інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві;
- зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях.



# 1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ, АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

## 1.1 Загальна характеристика теплогенеруючих об'єктів

Теплоенергетика – розділ енергетики, пов'язаний з одержанням, використанням і перетворенням тепла в різні види енергії.

Розрізняють два принципово різні напрями використання теплоти – енергетичне та технологічне. При енергетичному використанні теплота перетворюється в механічну роботу, за допомогою якої в генераторах створюється електрична енергія, зручна для передачі на відстань. При технологічному (безпосередньому) використанні теплота використовується для спрямованої зміни властивостей різних тіл (розплавлення, затвердіння, зміни структури, механічних, фізичних, хімічних властивостей). Споживачами тепла є підприємства, організації, територіально відособлені цехи, будівельні майданчики, квартири, тощо. Споживання теплової енергії в Україні по галузях економіки наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Споживання теплової енергії в Україні (тис. Гкал) [33]

Галузі	Роки		
	2020	2021	2022
Промисловість	76,3	96,8	128,2
Житлово-комунальний сектор	86,2	120,0	130,0
Інші галузі	29,9	21,4	24,0
Усього	198,9	238,2	282,2

Основою сучасної теплоенергетики є теплові електростанції. Теплова електрична станція (ТЕС) – це сукупність взаємозв'язаних установок, загальним технологічним призначенням яких є перетворення хімічної енергії

палива в електричну енергію або в електричну енергію та тепло. Основними елементами ТЕС є котельна установка, парова або газова турбіна та генератор електроенергії. У наш час переважають паротурбінні ТЕС.

Забезпечення споживачів теплом здійснюється системою теплопостачання. Відповідно до ГОСТ 19431– 84 система теплопостачання – це сукупність взаємозв'язаних енергоустановок, які здійснюють теплопостачання району, міста, підприємства.

Основними елементами системи теплопостачання є джерело теплової енергії, тепла мережа, абонентський ввід та місцеві системи споживачів тепла.

Залежно від потужності джерела теплової енергії системи теплопостачання розділяються на централізовані, помірно централізовані, децентралізовані та автономні системи.

Основними джерелами теплової енергії є [33]:

- у централізованих системах теплопостачання – ТЕЦ і районні котельні потужністю більше 20 МВт;
- у системах помірно централізованого теплопостачання – квартальні котельні потужністю не менше 3 МВт і не більше 20 МВт;
- у системах децентралізованого теплопостачання – місцеві або групові котельні потужністю не менше 1 МВт і не більше 3 МВт;
- у системах автономного теплопостачання – котельні потужністю менше 1 МВт.

Джерела тепла при централізованому теплопостачанні від великих котельних обладнані паровими, водогрійними або комбінованими котельними установками.

Централізоване теплопостачання забезпечує тепловою енергією низького (до 150 °С) і середнього (до 350 °С) потенціалу декількох споживачів від одного або декількох джерел. Теплова енергія відпускається споживачам житлово-комунального господарства у вигляді гарячої води, а для промислових підприємств разом з водою часто використовується водяна пара.

Основним джерелом одержання тепла є котельна установка, яка є пристроєм для одержання водяної пари або гарячої води [19, 33]. Котельна установка складається з одного або декількох котлів та допоміжного устаткування.

Котел - це конструктивно об'єднаний в одне ціле комплекс пристроїв для одержання пари або для нагрівання води під тиском за рахунок теплової енергії від спалювання палива, при протіканні технологічного процесу або перетворення електричної енергії в теплову енергію (ГОСТ 23172–78). До основних елементів котла відносяться [28] топка, теплообмінні поверхні, пароперегрівник, економайзер, повітропідігрівник. У водогрійному котлі теплообмінні поверхні, пароперегрівник і економайзер відсутні. Основними елементами допоміжного устаткування котельних установок є система паливоподачі, тягодуттєві установки, водопідготовчі пристрої, живильні пристрої, живильні трубопроводи, паропроводи, арматури трубопроводів, пристрій для видалення шлаків і золи, золоуловлюючі пристрої, пристрої для теплового контролю, пристрої для автоматичного керування роботою котельної установки.

Стаціонарні котли, призначені для вироблення пари, яка використовується технологічними та побутовими споживачами, стандартизовані за параметрами і потужністю. До основних параметрів котлів відносяться:

- номінальна продуктивність;
- номінальний тиск пари;
- температура перегрітої пари;
- номінальна температура живильної води; коефіцієнт корисної дії (ККД) бруто.

За величиною номінального тиску пари розрізняють котли [33]:

- низького тиску – до 1 МПа;
- середнього тиску – від 1 до 10 МПа включно;
- високого тиску – від 10 до 22,5 МПа включно.

У відповідності до ГОСТ 26269–89 розрізняють котли малої потужності з продуктивністю до 160 т/год і тиском пари до 3,9 МПа та котли великої потужності з продуктивністю від 160 до 3950 т/год і тиском пари від 9,8 до 25 МПа.

## 1.2 Принцип роботи котельної

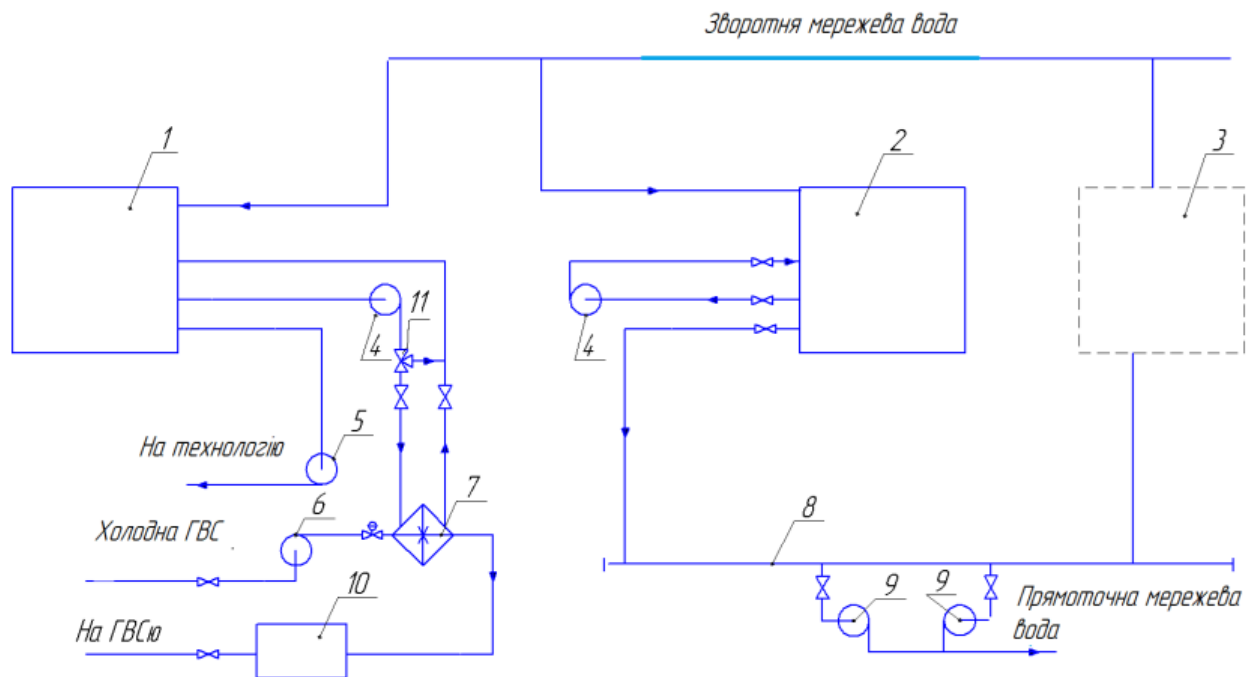
Котельня – це споруда, у якій розміщено сукупність обладнання та пристроїв (у тому числі теплогенератори, допоміжне устаткування), які призначені для вироблення теплової енергії та передавання її теплоносію (гаряча вода) з метою теплозабезпечення споживачів. Котельня призначена для теплозабезпечення систем опалення та ГВС споживачів.

У котельних установках, призначених для одержання пари, здійснюються такі основні робочі процеси – подача палива та повітря, раціональне спалювання палива, передача теплоти від продуктів згоряння палива до робочого тіла, переміщення продуктів згоряння палива по газовому тракту, подача води під певним тиском, підігрівання води, перетворення її в пару.

За призначенням стаціонарні котельні установки поділяються на такі групи:

- енергетичні, пара яких використовується для вироблення електричної енергії на теплових електричних станціях;
- промислові (виробничо-опалювальні), що виробляють пару для технологічних потреб виробництва;
- змішаного призначення, пара яких використовується як для вироблення електричної енергії, так і для виробничоопалювальних потреб;
- опалювальні, що виробляють пару для опалювальних установок;
- водогрійні, що виробляють гарячу воду для опалення та вентиляції будинків [33].

Принципова схема водогрійної котельні наведена на рис. 1.1.



1, 2, 3 – теплогенератор ТГа-0,9,Гс; 4 – рециркуляційний насос; 5 – насос технологічної води; 6 – насос ГВС; 7 – пластинчастий теплообмінник; 8 – колектор прямої мережної води; 9 – циркуляційний насос; 10 – сонячний колектор; 11 – трьохходовий кран

Рисунок 1.1 – Принципова схема водогрійної котельні

Нагріта вода в теплогенераторі (1) через патрубок виходу рециркуляції за допомогою насоса (4) подається на пластинчастий теплообмінник гарячого водопостачання (7), в якому нагрівається холодна вода ГВП. Друга частина води через патрубок прямої мережевої води за допомогою насоса (5) подається на технологію. У літній період, коли немає хмарності, гаряче водопостачання заводу виконується за допомогою сонячних колекторів (10). Нагріта вода в теплогенераторах (2,3) циркуляційними насосами (9) забирається з колектора (8) і поступає в теплову мережу на опалення і вентиляцію заводу. Зворотній мережева вода після нагрівальних обладнання поступає назад в теплогенератори. Трьохходовий кран (11) слугує для відсікання подачі гріючої води на теплообмінник гарячого водопостачання в години, коли немає

водорозбору. В цей час насос (4) працює як рециркуляційний насос теплогенератора. При виході з ладу першого теплогенератора передбачена резервна лінія на технологію з коллетора (8), на схемі не показана.

### 1.3 Лінія рециркуляції мережевої води, як об'єкт автоматизації

На практиці не існує повного виконання опалювального графіку через погодні умови. Тому виникає необхідність регулювання температури прямої і зворотної мережевої води.

Для підтримування температури мережевої води застосовують підігрівачі. Підігрівач теплофікаційної мережевої води призначений для її підігріву до необхідної температури, значення котрої задають в залежності від температури зовнішнього повітря. Підігрівач – поверхневий теплообмінник, по змійовикам котрого за допомогою мережевого насосу прокачують воду. Зовні змійовики обігривають паром. Джерелом зігривальної пари є відбори парових турбін чи резервуючи їх РОУ. Основною величиною підігрівача служить температура прямої мережевої води  $t_{м.в.}$ , яку необхідно підтримувати на заданому рівні з високою точністю, що диктується в основному умовами економічної роботи теплофікаційних турбін. Мережева вода циркулює звичайно по замкнутому контуру: насос – підігрівач – теплова мережа – насос. При цьому неминучі втрати в тепловій мережі заповнюються за рахунок підживлюючої води, яка поступає на вхід сітьових насосів під надлишковим тиском. Втрати води в мережі мають характер випадкових неконтрольованих обурень. Тому бажано передбачувати автоматичне регулювання температури живильної води в залежності від тиску лінії рециркуляційної мережевої води.

Лінія рециркуляції мережевої води котельної – це система, яка забезпечує переробку води, яка використовується в котельні, та повернення її до системи опалення та гарячого водопостачання. Автоматизація цієї системи може забезпечити контроль за якістю води, що рециркулюється, оптимальним



використанням водних ресурсів, зменшенням витрат на енергію, підвищенням ефективності котельної та підвищенням надійності роботи всієї системи.

Регулювання температури прямої мережевої води можливо здійснити трьома способами.

1. Регулятор температури отримує сигнал по  $t_{м.в.}$  і впливає на переміщення заслінки, що регулює гріючу пару на трубопроводі. Для забезпечення необхідної точності підтримки значень величини, що регулюється, в цьому варіанті потрібні відносно великі переміщення заслінки, що регулює. Це може привести до суттєвих коливань тиску пари джерела. Для того, щоб запобігти цьому, температуру лінії рециркуляції прямої мережевої води можна регулювати перепуском частини зворотної мережевої води через клапан в обхід підігрівача в трубопровід прямої мережевої води. Тобто змішуванням підігрітого і холодного потоків мережевої води.

2. Спосіб регулювання окрім інерційності ділянки, що регулюється, дозволить зберегти незмінним витрату граючої пари і в той же час сприяє стабілізації тиску в теплофікаційних відборах турбіни. Однак цей метод не є економічним і ефективним лише при значних перепадах температур зворотної і прямої мережевої води (20 – 30 °C). Для регулювання  $t_{м.в.}$  зазвичай використовують ПП – регулятори з автоматичною чи ручною зміною завдання в залежності від температури зовнішнього повітря.

3. Найбільш економічних спосіб регулювання  $t_{м.в.}$  відбувається шляхом зміни тиску пари в теплофікаційному відборі при повністю відкритій регулюючій заслінці. Тиск пари у відборі змінюють за допомогою системи регулювання парою турбіни і спеціального автоматичного за датчика температури, що діє в залежності від електричного навантаження турбогенератора і температури зовнішнього повітря.

При автоматизації мережевих підігрівачів однією з основних задач є регулювання температури мережевої води на виході з підігрівача.

Регулювання температури мережевої води за підігрівачами здійснюється шляхом дроселювання гріючої пари чи перепуском частини

мережевої води в обхід підігрівачів. Перший метод застосовується при регулюванні температури мережевої води за піковими підігрівачами, другий метод – за основними підігрівачами, коли відключені пікові. При цьому забезпечується менше коливань тиску граючої пари і зменшується інерційність об'єкту, що регулюється. В обох випадках приймаються ПП-регулятори.

Парові підігрівачі можна розглядати як інерційні об'єкти з затримкою.

В основних і пікових мережевих пароводяних підігрівачах необхідно підтримувати рівень конденсату, в допустимих межах зважаючи на умови оптимального теплообміну в підігрівачі і виключення можливості забору води в трубопровід грючої пари. Дільниця регулювання підігрівача за рівнем конденсату є інтегруючою ланкою.

Об'єктом автоматизації є два послідовно увімкнених підігрівача мережевої води з контролем проміжної температури.

#### 1.4 Аналіз систем автоматизації теплогенеруючих об'єктів України та Зарубіжжя

Автоматизація систем хімоводоочистки є важливим елементом для забезпечення ефективної і безпечної експлуатації теплогенеруючих об'єктів. Ці системи забезпечують очищення води від різноманітних забруднень, таких як солі, метали, бактерії та інші, що можуть впливати на якість теплоносія та призводити до зниження ефективності роботи системи та збільшення ризику виникнення аварій.

Аналіз систем автоматизації хімоводоочистки для теплогенеруючих об'єктів України та Зарубіжжя показує, що такі системи використовуються в різних варіантах залежно від об'єму та складності системи. Найбільш поширені системи використовують автоматичні контролери усі контрольовані параметри системи (рівень води, палива, температуру і тиск води і пари, тощо).

За кордоном використовуються більш продуктивні та складні системи, які включають у себе системи моніторингу та аналізу параметрів системи, автоматичне регулювання, а також системи управління, які забезпечують координацію роботи всіх елементів системи.

Україна також знаходиться на шляху до впровадження більш сучасних технологій, деякі підприємства вже використовують автоматичні системи контролю та управління процесами котельних установок, але загалом рівень автоматизації в цій галузі є доволі низьким.

Одним з можливих шляхів вдосконалення управління котельними установками в Україні може бути впровадження новітніх технологій та розробка програмного забезпечення для автоматизації. Використання системи машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування технологічного процесу та автоматичного регулювання параметрів системи, розробка систем моніторингу та аналізу параметрів роботи котлів з використанням сучасних сенсорів та аналітичних методів.

Важливо також підвищити рівень освіти та підготовки фахівців в галузі автоматизації технологічних процесів, щоб забезпечити ефективну експлуатацію та обслуговування автоматизованих систем. А також вдосконалення законодавства щодо захисту довкілля та створення умов для використання більш екологічних технологій в системах тепло генеруючих об'єктів для забезпечення безпеки та ефективності їх роботи.

### 1.5 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Управління технологічним процесом – інформаційний процес, що забезпечує виконання якого-небудь матеріального процесу і досягнення певної мети.

Інформаційне забезпечення АСУ ТП включає здобуття, перетворення, зберігання, обробку і передачу дії, що управляє.

З позиції АСУ ТП інформація ділиться на вхідну, проміжну і вихідну. Вхідна інформація є даними, що поступають від первинних вимірювальних приладів, які встановлені на технологічному агрегаті. Проміжна інформація - інформація виходить в процесі обробки і перетворення. Вихідна інформація є діями, що управляють. Вихідною інформацією також є дані про хід технологічного процесу.

Точність інформації про хід технологічного процесу і достовірність передачі її операторові, визначає виконання заданих режимів термообробки. Для зручності представлення інформації операторові на верхньому рівні автоматизації використовується SCADA система, яка дозволяє, в реальному режимі часу, контролювати технологічний процес.

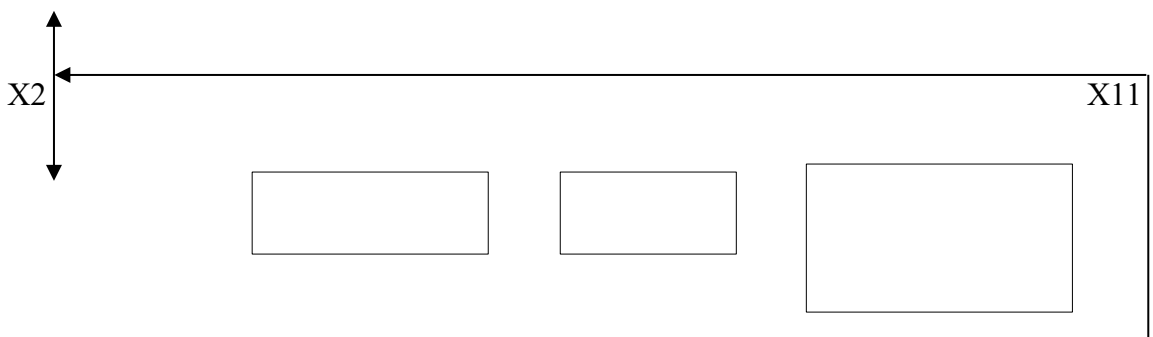
Таким чином, для якісного ведення процесу теплопостачання необхідно мати уявлення про процес, як про систему технологічного устаткування і інформаційних потоків усередині цієї системи.

Автоматизована система контролю основного обладнання котельних установок, являє собою складну систему, що забезпечує реалізацію ряду організаційних, технічних, контрольних, облікових і адміністративних функцій, які об'єднані в багаторівневу структуру.

Система контролю працездатності котельних повинна включати в себе наступні підсистеми:

- збір інформації про технічний стан і покази вимірювальних приладів котельної установки, включно з показниками резервуарів;
- система збереження і передачі інформації основних показників;
- централізована система збереження інформації (диспетчерський пункт управління).

На рисунку 1.2 наведені інформаційні потоки даних системи автоматизації котельної.



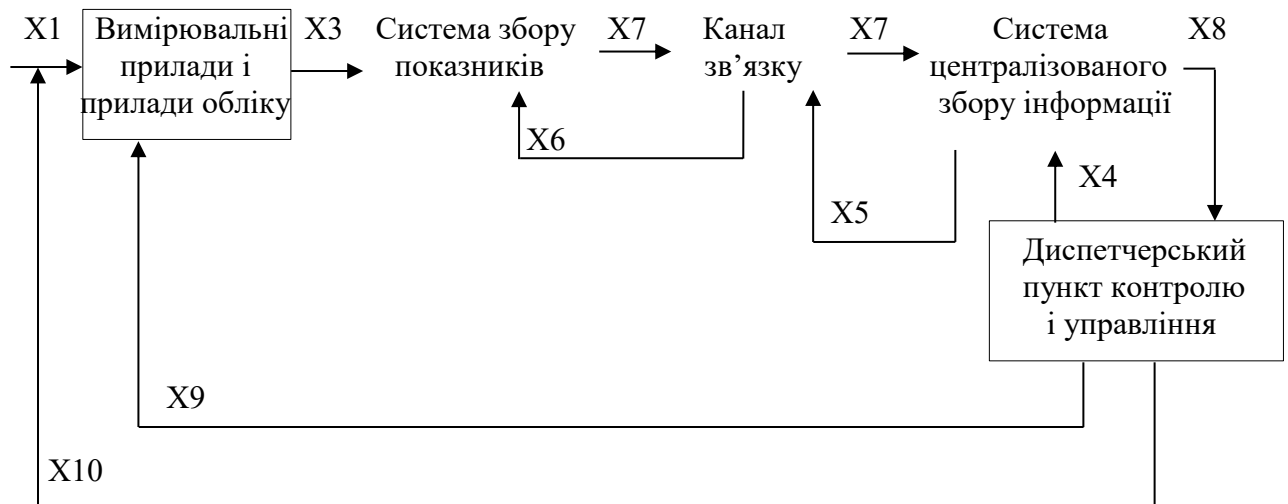


Рисунок 1.2 – Інформаційні потоки даних системи автоматизації котельної

Позначення інформаційних потоків даних на рис. 1.2:

X1 – вхідна інформація від елементів котельної, резервуарів;

X2 – двостороннє направлені дані від зовнішніх управляючих і регулюючих структур котельної установки (оператор котельної, персонал відповідальний за налаштування автоматики обладнання) до вимірювального обладнання і приладам;

X3 – показники приладів обліку та вимірювань;

X4 – потік інформації від диспетчера, що направлений на систему централізованого збору інформації з метою отримання існуючих (накопичених) даних від котельної;

X5 – взаємодія системи централізованого збору інформації із каналом зв'язку;

X6 – потік інформації каналу зв'язку відносно взаємодії з системою збору показників;

X7 – передача інформації від системи збору інформації;

X8 – інформація в диспетчерський пульт контролю і управління за показниками працездатності елементів котельної установки;

X9 – інформаційні потоки на вимірювальні пристрої і прилади обліку;

X10 – вплив на елементи котельної;

X11 – двосторонній інформаційний потік між диспетчерським пунктом і структурами управління і регулювання роботи котельної.

Основною задачею запропонованої системи управління є передача потоку інформації X1 кінцевому пункту диспетчерського контролю X8, надаючи йому необхідну інформацію про стан елементів котельної установки. Значним є етап відображення даних безпосередньо в самому пункті котельної для надання оператору відомостей про працездатність об'єкту управління. За допомогою процедури передачі і надходження інформаційних потоків, кінцевим результатом є своєчасна дія диспетчерського центру регулювання процесу працездатності котельної установки.

На об'єкт управління поступає паливо, вода, кінцева продукція – нагріта вода і пара.

Нормуючі перетворювачі передають інформацію на контролер. Ці перетворювачі призначені для організації взаємодії між контролером і датчиками безперервних і дискретних параметрів, а також для видачі дій, що управляють, на виконавчі механізми (ВМ).

Виконавчі механізми здійснюють управління подачею палива, пари, води. Обробляючи інформацію, контролер виробляє управляючу дію на ВМ.

Інформація про хід технологічного процесу з контролера поступає на ЕОМ верхнього рівня, яка відповідно до алгоритму управління, вводить в контролер технологічні завдання. Використовуючи SCADA систему оперативний персонал контролює технологічний процес і в разі відхилення, вводить корегуючі завдання.

Оперативне управління технологічним процесом здійснюється за допомогою щита управління.

В разі виникнення аварійних ситуацій контролер видає в схему сигналізації сигнал на зупинку роботи котлів.

Для проведення планування і аналізу роботи котельної необхідні документи, що містять технологічні і економічні звіти про роботу котельної за вибраний період часу. Формами представлення звітної документації є:



змінний, добовий, місячні звіти про роботу котлів; поточна інформація про роботу котлів або групи котлів, видається на запит операторського персоналу котельної, вона може бути запрошена з МРВ або з контролера, який у свою чергу також має базу даних де зберігаються відомості про хід технологічного процесу.

АСУ ТП роботи котельної установки (системи рециркуляції мережевої води) призначена для досягнення наступних цілей:

- централізований контроль технологічних параметрів, їх оцінка сигналізація виходу параметрів за встановлені межі;
- стеження за інформацією про температуру в системі рециркуляції мережевої води;
- визначення параметрів підігріву мережевої води;
- стабілізація параметрів теплового режиму на рівні зазначених значень;
- формування, зберігання на зовнішніх носіях і протоколювання по виклику оператора історії зміни параметрів системи рециркуляції мережевої води;
- інформаційне обслуговування операторів технологічних постів;
- розрахунок техніко-економічних показників роботи котельної і облік часу роботи системи автоматизації;
- виявлення відмов в роботі технічних засобів, видача відповідних повідомлень і проведення своєчасних ремонтів;
- діагностика ходу технологічного процесу;
- дистанційне керування технологічним устаткуванням і виконавчими пристроями;
- введення завдання;
- облік виробництва і складання даних на зміну.

## 2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Вимоги до системи в цілому

#### 2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

АСУ ТП повинна відповідати ДСТУ 24.104-85 «Єдина система стандартів автоматизованого управління».

Система повинна складатися з таких рівнів:

- нижній (локальний);
- середній (виробничий);
- верхній.

Інформаційні рівні АСУ ТП:

Відповідно до об'єму і складності функцій, що реалізуються, а також у зв'язку з підвищеними вимогами до надійності системи, функціональна схема АСУ ТП представляє ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю, управління і представлення інформації.

У відповідності, з різним ієрархічним рівнем користувачів інформації АСУ ТП створювана система за умовами представлення інформації про роботу комплексу стаціонарних стендів є дворівневою:

- інформаційний рівень оператора;
- інформаційний рівень старшого майстра котельні.

АСУ ТП повинна мати ієрархічну трирівневу структуру, розподілену на нижньому рівні і централізовану на середньому і верхньому рівнях, бути багатофункціональною, інформаційно-керуючою системою.

Верхній рівень системи повинен вирішувати завдання контролю роботи котлів і підвищення ефективності роботи котельні за допомогою математичних моделей термічних процесів.

Мають бути передбачені технічні засоби, що забезпечують можливість інтеграції АСУ ТП системи рециркуляції мережевої води в АСУ ТП котельні.

Технічно верхній рівень реалізується на базі робочої станції старшого майстра котельні.

Середній рівень складається з робочої станції, що управляє котлами. Середній рівень повинен здійснювати прийом підготовленої на нижньому рівні інформації, візуалізацію і контроль технологічного процесу на кожному стенді, управління процесами вироблення тепла на кожному стенді, відображення і друк інформації про вихід значень параметрів за технологічні допустимі межі, відображення і друк інформації у вигляді звітно-технологічних документів і рапортів, організація введення інформації в діалоговому режимі.

Технічно середній рівень реалізується на базі робочої станції включеною в Modbus Plus мережа. Робочі станції верхнього і середнього рівнів комутатором об'єднані в мережу Ethernet.

Нижній рівень повинен забезпечувати збір і обробку інформації КВП про технологічні параметри, автоматичне управління процесами нагріву і охолодження, формувати попереджувальну і аварійну сигналізацію, здійснювати автоматичний захист і необхідні блокування для запобігання аварійним ситуаціям, проводити діагностику технічних засобів системи і устаткування, проводити зберігання даних про температуру в системі реуиркуляції мережевої води за 48 годин з дискретністю 1 хвилини, обмін даними з робочою станцією.

Технічно нижній рівень повинен реалізовуватися на базі мікропроцесорного контролера SIMATIC S7-300, технічних засобів КВП і А (первинних перетворювачів температури, тиску, витрати; перетворювачів в уніфіковані сигнали 4-20 мА, 0-10 В; пристроїв дистанційного керування; виконавчих механізмів; регулюючих органів).

На нижньому рівні здійснюються такі завдання:

1. Збір інформації від датчиків:

- температура зворотної мережевої води, яка приходить від споживачів;
- температура прямої мережевої води, яка надходить до споживачів;

- температура в системі між підігрівачами.
- 2. Перетворення вимірюваних параметрів в уніфіковані струмові сигнали (0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА);
- 3. Управління:
  - витратою природного газу;
  - витратою води;
  - витратою пари.

Нижній рівень блоку печей повинен оснащуватися панеллю оператора ПО, встановлюваною в приміщенні котельні, для забезпечення контролю роботи стендів, і завдання уставок контролеру.

Для кожного стенду має бути передбачене ручне управління технологічними процесорами з ручних пультів управління на випадок виходу з ладу мікропроцесорних контролерів. Ці пульти повинні оснащуватися показуючими приладами (термометрами), інформації якої вистачає для ручного управління технологічними процесами.

Мають бути передбачені автоматичний, дистанційний ручний режими управління роботою котельні.

У автоматичному і дистанційному режимах повинні здійснюватися:

- централізований контроль технологічних параметрів;
- на робочій станції відображуватися хід технологічних процесів, попереджувальні і аварійні повідомлення;
- при аварійних ситуаціях спрацьовувати захисні блокування.

У автоматичному режимі окрім перерахованих функцій система відповідно до заданих термістом режимів термообробки повинна автоматично контролювати і управляти процесами нагріву і охолодження .

У дистанційному режимі управління терміст з робочої станції повинен мати можливість управляти відсічними клапанами, вентиляторами, встановлювати необхідне значення параметрів шляхом регулювання положення виконавчих механізмів кнопками більше/менше.

У ручному режимі управління котлами з пульта ручного управління, дії АСУ ТП, що при цьому управляють, повинні блокуватися.

Вибір режимів управління автоматичний/дистанційний або ручний повинен проводитися з блоку ручного управління, а автоматичний або дистанційний - з робочої станції.

Дані про порушення технологічного процесу і режими управління (ручний/автоматичний/дистанційний) повинні фіксуватися в рапортах.

Система має бути відкритою, допускати можливість функціонального розширення і адаптацію до змін технології.

Інформаційні функції системи приведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Інформаційні функції системи

Параметр	Діапазон вимірювання	Дія
Температура води в котлі	(0 – 100) °С	Читання і запис
Температура прямої мережевої води T1	85 °С	Регулювання, читання і запис
Температура зворотної мережевої води T2	61 °С	Регулювання, читання і запис
Температура подачі котлового контуру	(0 – 100) °С	Регулювання, читання і запис
Температура в приміщенні котельного залу	(0 – 80) °С	Регулювання, читання і запис

Функції регулювання системи приведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Функції регулювання системи

Найменування параметра	Вид системи регулювання	Режим управління	Місце знаходження органів управління	Технічні вимоги по точності і стійкості
Витрата природного газу	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід природного газу	±5%
Витрата пари	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід пари	±2%
Витрата води	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід води	±2%

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи

Відповідальність за виконання автоматизованого управління котельні покладається на:

Начальник котельні: відповідає за загальне керівництво роботою котельні, включаючи контроль за автоматизованою системою управління, організацію роботи персоналу, планування та виконання технічного обслуговування та ремонтів.

- оператора котельні, який відповідає за контроль роботи автоматизованої системи управління котельні, настройку параметрів, моніторинг та аналіз роботи обладнання, виявлення відхилень, виконання необхідних заходів для забезпечення безпечної та ефективної роботи системи;

- енергетиків, які забезпечують технічне обслуговування, ремонт та налагодження котельного устаткування, виконують профілактичні роботи, виявлення та усунення несправностей, контроль за енергоефективністю роботи обладнання;

- електромеханіків, що відповідають за електричну частину котельні, налагодження та ремонт електричного устаткування, включаючи електричні панелі, електродвигуни, автоматику та електроніку;



- технічний персонал, що виконує технічне обслуговування, ремонт та налагодження різного устаткування в котельні, таке як насоси, клапани, фільтри, теплообмінники тощо;

- інженерів, які відповідають за проєктування, налагодження та оптимізацію автоматизованої системи управління.

Інструкція для експлуатаційного персоналу повинна містити порядок дій оперативного персоналу по введенню в автоматизовану частину необхідної інформації, і дії персоналу в разі аварії.

Вимоги до кваліфікації працівників:

- начальник котельні: вища технічна освіта, досвід роботи з управління, вміння використовувати ПК;

- оператор: досвід роботи, вища технічна освіта, досвід роботи з управління, вміння використовувати ПК;

- енергетики: вища освіта, досвід роботи, знання правил безпеки з охорони праці та технічної експлуатації обладнання, проведення планового контролю ремонту;

- електромеханіків: вища освіта (магістр, спеціаліст), досвід роботи, робота з графіками технологічного процесу;

- технічний персонал: технічна освіта, досвід роботи.

### 2.1.3 Вимоги до надійності системи

Кожна функція СУ повинна відповідати вимогам надійності згідно РД 50-650-87 «Відповідно до чинного законодавства відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на підприємствах несуть безпосередньо їх керівники. Необхідно здійснювати загальне керівництво щодо забезпечення пожежної безпеки підприємства і виконувати у встановлені терміни приписи державного пожежного нагляду та вимоги вищестоящих організацій, спрямовані на забезпечення пожежної безпеки».

На систему в цілому дається гарантія 5 років до часткового виходу з ладу обладнання. При правильній експлуатації і своєчасній діагностиці та заміні

слабких частин системи термін служби системи неодноразово перевищує гарантійний.

#### 2.1.4 Вимоги до безпеки

Пожежна безпека системи повинна забезпечуватися як в нормальному, так і аварійному режимах її роботи

Пристрої обчислювальної техніки при несправності, що виникають в процесі експлуатації, не повинні створювати загрозу життю людей і мінімізувати шкоду навколишньому середовищу. Установка і експлуатація пристроїв повинні відповідати вимогам виробника.

Вироби, які є джерелом теплового, оптичного, рентгенівського випромінювання, а також ультразвуку, повинні бути обладнані засобами для обмеження інтенсивності цих випромінювань і ультразвуку до припустимих значень.

Необхідно забезпечити контроль рівня шуму на робочих місцях відповідно до ГОСТ 12.1.003.

Всі зовнішні елементи технічних засобів, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкових дотиків, а самі технічні засоби мати захисне заземлення відповідно до експлуатаційної документації та вимог ГОСТ 12.1.030 і «Правил улаштування електроустановок».

#### 2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження системи і окремих елементів

Система працює циклічно. Щомісяця система повинна проходити технічне обслуговування. На технічні засоби раз на три місяці повинна проводитися державна перевірка.

При виході з ладу будь-якого технічного засобу в системі, повинна бути передбачена заміна. Тому необхідно мати запасні вироби і прилади :

- термопари (ТХА);
- датчики різниці тисків;

- 1 датчик надлишкового тиску.

Шафи з КВП повинні розміщуватися в опалювальних приміщеннях з температурою повітря 10-25 °С, вологістю не більше 75%. У таких приміщеннях не повинно бути агресивних парів і великий запиленості.

У приміщеннях з ЕОМ повинно передбачатися кондиціонування повітря, а також повинна підтримуватися температура повітря 15-25 °С, вологість не більше 75%.

#### 2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Оператору начальником ділянки видається логін і пароль, з параметрами доступу, необхідними для забезпечення функціонування системи.

#### 2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях

У разі часткової відмови основного обладнання АСУ ТП, повинна бути проведена безпечна зупинка технологічного обладнання. Відмова супервізорної системи контролю не повинна призводити до зупинки системи.

Час відновлення функцій автоматичного управління має становити не більше 10 хвилин.

Повинні бути передбачені заходи захисту інформації від перешкод і резервне електроживлення обладнання АСУТП при аваріях в системі електропостачання за допомогою застосування джерел безперебійного живлення, що забезпечують роботу обладнання АСУТП протягом 20 хвилин після відключення живлення за штатною схемою.

Для забезпечення роботи в умовах аварії повинен бути передбачений ручний режим управління.

#### 2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Для забезпечення надійності системи всі контролери, перетворювачі, пускачі повинні встановлюватися в герметичні шафи. У приміщеннях з

шафами повинні бути встановлені кондиціонери. Повинні бути використані технічні засоби, відповідні по стійкості до зовнішніх впливів по ГОСТ 21552 - 84 для засобів обчислювальної техніки.

#### 2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

Конструктивне виконання обладнання повинно бути переважно модульної структури, що передбачає можливість модернізації і заміни окремих модулів, а також розвитку функціональних можливостей за рахунок застосування нових модулів.

Підсистеми повинні використовувати уніфіковані методи реалізації функціональних завдань системи:

- підтримка сучасних транспортних протоколів ( Modbus, Modbus Plus);
- підтримка розподіленого доступу до інформації.

Необхідно дотримуватися уніфікованого формату звітних документів, прийнятому на підприємство замовника АСУ ТП.

#### 2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Підсистема зберігання даних повинна здійснювати зберігання оперативних даних системи, даних для формування аналітичних звітів, документів системи, сформованих в процесі підготовки звітів.

Підсистема повинна забезпечувати періодичне резервне копіювання і збереження даних на додаткових носіях інформації.

Повинна вирішувати завдання забезпечення інформаційної сумісності даних, якими обмінюються окремі компоненти системи між собою, а також з суміжними системами в процесі функціонування.

У випадку аварії на технологічному об'єкті управління, ЕОМ повинна відобразити це на екрані. Для мнемосхем, повинні бути використані колірні індикатори, які сигналізують про аварійну ситуацію.

## 2.3 Вимоги до видів забезпечення

### 2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Доступ до даних має бути наданий тільки авторизованим користувачам з урахуванням їх службових повноважень, а також з урахуванням категорії запитуваної інформації.

Структура бази даних повинна бути організована на основі моделі клієнт-сервер, що виключає одноразове повне вивантаження інформації, що міститься в базі даних системи.

Технічні засоби, що забезпечують зберігання інформації, повинні використовувати сучасні технології, що дозволяють забезпечити підвищену надійність зберігання даних, їх кодування і оперативну заміну обладнання (розподілене резервне збереження даних).

При проектуванні і розгортанні системи необхідно розглянути можливість використання накопиченої інформації з уже функціонуючих інформаційних систем.

Для зручності оператора повинна застосовуватися ієрархічна структура інформаційного забезпечення, наприклад стандартні операційні панелі:

- панелі для реєстрації ходу процесу;
- панелі загального вигляду;
- мнемосхеми;
- сигналізаційні панелі;
- панелі налагодження.

### 2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Лінгвістичне забезпечення повинно забезпечувати правильну та зрозумілу комунікацію між користувачем та системою. Для цього необхідно дотримуватися наступних вимог:

- мова інтерфейсу повинна бути зрозумілою для користувачів, для чого її обсяг та складові елементи повинні бути визначені на етапі проектування;

- для міжнародних проєктів необхідно використовувати міжнародні стандарти мовлення та правопису;
- система повинна бути здатна працювати з текстом різних мов, що передбачає відповідне програмне забезпечення;
- для автоматичного перекладу повинні використовуватися найновіші технології машинного навчання, що забезпечуватимуть високу точність перекладу;
- для забезпечення безперебійної роботи системи в умовах відсутності доступу до Інтернету, необхідно використовувати локальні бази даних з перекладами;
- для автоматичного визначення мови вхідного тексту повинні використовуватися спеціальні програмні засоби, які базуються на статистичних методах аналізу тексту;
- для забезпечення безпеки даних необхідно використовувати шифрування та інші методи захисту від несанкціонованого доступу до інформації;
- вся інформація повинна бути представлена у вигляді понять і визначень, властивих металургійної галузі, а також повинна бути зрозуміла персоналу, керуючому процесом;
- мова взаємодії користувача з системою повинна бути організована за допомогою властивих понять і визначень;
- спосіб організації діалогу з користувачем повинен забезпечити мінімізацію випадкових помилкових дій оператора.

### 2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення повинно:

- мати інтуїтивно зрозумілий і зручний інтерфейс користувача, що дозволяє оперативному персоналу швидко і легко здійснювати всі необхідні операції;
- можливість реєстрації всіх взаємодій користувачів з системою, а також вести журнал дій користувачів для забезпечення безпеки і аудиту даних;

- бути виконано за модульним принципом з можливістю нарощування додаткових функцій і розширення бази даних;
- має бути передбачена можливість збереження бази даних від випадкових несанкціонованих зовнішніх впливів;
- має бути стійким до збоїв, а також мати можливість автоматичного відновлення після збоїв, бути сумісним з іншими програмним забезпеченням, що використовується в системі, а також з іншими зовнішніми пристроями, наприклад, з пристроями зберігання даних, мережевими пристроями тощо.
- бути супроводжувано документацією, що містить повну інформацію про встановлення, налаштування і експлуатацію програмного забезпечення, а також інструкції користувача і руководства з розробки;
- програмне забезпечення повинно бути постійно оновлювано і підтримуватися в актуальному стані, з урахуванням нових технологій і вимог безпеки даних;
- в залежності від класу безпеки програмне забезпечення повинно відповідати рекомендаціям МЕК 60880, МЕК 60880-2, МЕК +61138, МЕК 61513, ГОСТ Р ІСО / МЕК 12207-99 і РД ЕО 0554-2005;
- повинно бути, по можливості, максимально уніфіковано.

Базовою програмною платформою повинні бути операційні системи Windows XP або Windows 7.

#### 2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

Технічне забезпечення є важливою складовою будь-якої системи та має деякі вимоги, серед яких можна виділити наступні:

- надійність: технічне забезпечення повинно працювати без перебоїв та несправностей на протязі всього терміну експлуатації;
- безпека: технічне забезпечення повинно бути безпечним у використанні та забезпечувати захист від можливих небезпечних ситуацій;
- ефективність: технічне забезпечення повинно забезпечувати виконання всіх функцій та завдань системи у відповідності з вимогами;

- сумісність: технічне забезпечення повинно бути сумісним з іншими компонентами системи та можливим для інтеграції з іншими технічними засобами;
- розширюваність: технічне забезпечення повинно бути готовим до змін та розширень, які можуть знадобитися в майбутньому;
- легкість у використанні та обслуговуванні: технічне забезпечення повинно бути зручним у використанні та обслуговуванні, щоб забезпечити швидкий доступ до всіх необхідних функцій та налаштувань;
- відповідність стандартам та нормам: технічне забезпечення повинно відповідати встановленим стандартам та нормам, які вимагаються для конкретної галузі або виду техніки;
- доступність та ціна: технічне забезпечення повинно бути доступним та відповідати вимогам замовника щодо ціни та бюджету проєкту.

Алгоритми АСУ ТП повинні бути виконані по функціональних групах, передбачати можливість обміну інформацією з АСУ верхнього рівня, здійснювати логічний контроль вхідної інформації. У даній системі повинні використовуватися різні первинні перетворювачі для вимірювання температури, тиску, витрати, з уніфікованим вихідним сигналом по струму 4-20 мА. Усі технічні засоби повинні працювати з уніфікованими сигналами по струму або напрузі.

Первинні перетворювачі мають забезпечувати безперебійну передачу даних на контролери, а контролери повинні виконувати управління.

В системі необхідно два контролера для підвищення надійності системи.

### 2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Метрологічне забезпечення є важливою складовою будь-якої вимірювальної системи. Основні вимоги до метрологічного забезпечення включають наступне:

- вимірювальна техніка повинна відповідати міжнародним та національним стандартам, а також вимогам, які встановлені для конкретної



галузі, і повинна бути внесена до Держреєстру.

- вимірювальна техніка повинна бути періодично перевірена та калібрована згідно з встановленими процедурами та нормами, усі технічні засоби автоматизації, наявні в системі повинні проходити державну повірку раз на рік, а планову раз на місяць;

- метрологічна документація повинна бути ведена та зберігатися відповідно до встановлених вимог;

- персонал, який займається вимірюваннями, повинен мати необхідні знання та навички для здійснення вимірювань та їх обробки;

- встановлення процедур та методів контролю за вимірювальною технікою та її застосуванням;

- забезпечення умов для зберігання та транспортування вимірювальної техніки, яка вимагає спеціальних умов;

- розроблення та впровадження методів контролю та забезпечення якості вимірювальних процесів;

- встановлення процедур визначення похибок вимірювань та їх урахування при обробці даних, клас точності приладів повинен бути не більше 3%.

- впровадження системи статистичного контролю якості вимірювань та їх обробки;

- забезпечення відповідності вимірювальної техніки та процесів вимірювання вимогам замовника, а також дотримання умов контракту.

### 2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення системи повинно включати правила, які забезпечують ефективну взаємодію між оперативним персоналом та технічним обладнанням під час роботи системи.

Експлуатаційний персонал повинен здійснювати регулярну профілактику, огляд та ремонт обладнання. До експлуатації системи

оперативний та експлуатаційний персонал повинен пройти теоретичну та практичну підготовку.

Інструкція для експлуатаційного персоналу повинна включати порядок дій оперативного персоналу з введення необхідної інформації в автоматизовану частину та дії персоналу в разі аварії.

Основні вимоги до організаційного забезпечення АСУ ТП включають наступне:

- розроблення та впровадження процедур та інструкцій для оперативного персоналу з експлуатації системи;
- надання належного навчання оперативному та експлуатаційному персоналу з технічного та програмного забезпечення системи;
- розроблення планів профілактики, оглядів та ремонту обладнання, що входить до складу АСУ ТП;
- встановлення системи моніторингу технічного стану обладнання та вчасної реакції на виявлені проблеми;
- забезпечення необхідної резервності для обладнання та програмного забезпечення, що входить до складу АСУ ТП;
- встановлення процедур забезпечення безпеки інформації, що обробляється в АСУ ТП;
- забезпечення взаємодії з іншими системами та обладнанням, що входять до складу технологічного процесу;
- розроблення планів дій в разі аварій, відмов та інших непередбачених ситуацій;
- надання належної документації для системи та її компонентів, таких як технічна документація, інструкції з експлуатації та процедури дій у разі аварій;
- встановлення системи звітності та моніторингу для ефективного контролю за роботою системи та виявлення проблем.

## ЗПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

В даній роботі розглянута система автоматизованого регулювання температури прямої і зворотної мережевої води. Задані значення температур прямої і зворотної мережевої води залежать від температурного графіку теплових мереж, який встановлюється в залежності від температури навколишнього повітря.

На рисунку 3.1 наведено функціональну схему регулювання мережевої води.

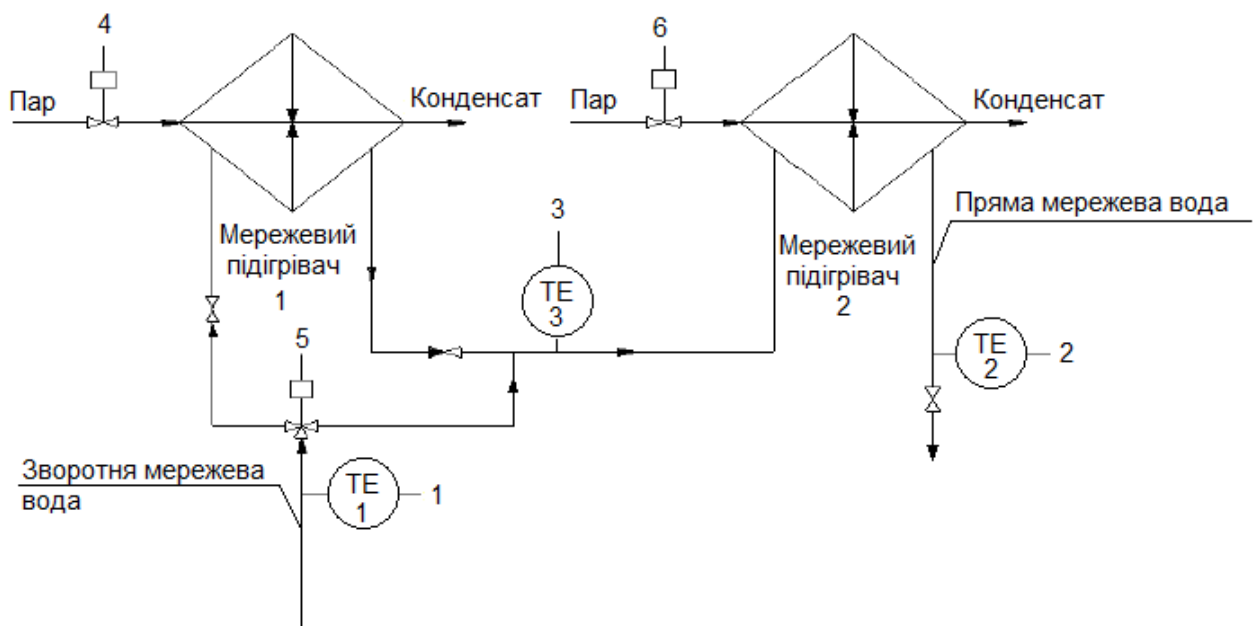


Рисунок 3.1 – Функціональна схема регулювання мережевої води

Температура зворотної мережевої води, яка приходить від споживачів вимірюється за допомогою датчика температури ТЕ-1. Якщо температура води нижче чи дорівнює значенню встановленому температурним графіком, то в роботу включається регулятор TRCI- поз. 1г. Зворотна вода поступає в мережевий підігрівач 1. Регулятор виробляє регулюючу дію, яка поступає на виконавчий механізм 4, який змінює положення регулюючого клапану. В

результаті змінюється витрата пари, яка необхідна для підігріву води. Потім вода поступає до мережевого підігрівача 2, де повторно підігрівається і подається споживачу.

Регулювання температури вторинного підігріву мережевої води здійснюється за допомогою регулятора TRCI-поз. 1д, який подає сигнал регулювання на виконавчий механізм 6.

В тому випадку, коли температура зворотної мережевої води перевищує значення, яке встановлене температурним графіком, в роботу включається регулятор TRCI-поз. 1к. Він виробляє регулюючу дію, яка поступає на виконавчий механізм 5, який діє на триходовий регулюючий клапан. Зворотня вода поступає на вхід мережевого підігрівача 2 (повз мережевий підігрівач 1), підігрівається і подається споживачу.

Система автоматизованого регулювання температури мережевої води має 3 рівні:

- нижній;
- середній;
- верхній.

До нижнього рівня системи автоматизації відносяться датчики технологічних параметрів, а саме: термоелектричні перетворювачі (ТХА). А також, до нижнього рівня відносяться виконавчі механізми (МЕО-100/0,25), що управляють регулюючими органами.

На середньому рівні АСУ ТП знаходяться програмовані контролери, які отримують інформацію від нижнього рівня. В даній АСУ використовується програмований логічний контролер SIMATIC S7-300.

Верхній рівень системи автоматизації складаються з автоматизованих робочих місць (АРМ). Всі технічні засоби верхнього рівня об'єднані в локальну обчислювальну мережу Ethernet. Електроживлення обладнання здійснюється від джерел гарантованого електроживлення, які у разі відсутності напруги, забезпечать тривалість безперебійної роботи обладнання не менше 1 години.

### 3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

На функціональній схемі автоматизації просліджується замкнутий контур управління (датчик – контролер – виконавчий механізм). Отже принцип управління буде по відхиленню. Більш високу якість управління дозволяють отримати замкнуті САР, в яких використовується інформація про контрольований параметр. У таких системах вимірюється значення контрольованого параметру. Пристрій управління порівнює отриманий сигнал, про значення контрольованого параметру із заданим значенням уставки та формує сигнал неузгодженості. Пристрій управління також виробляє керуючий вплив, спрямований на зменшення величини сигналу неузгодженості. При цьому пристрій управління прагне компенсувати це відхилення незалежно від причин, які його викликають.

При роботі котелен для дотримання температурного графіку, гідравлічного режиму, сбалансованого підключення споживачів до тепла, як головний технологічний параметр приймається температура рециркуляції мережевої води (прямої і зворотної). Регулювання температури мережевої води за підігрівачами здійснюється шляхом дроселювання гріючої пари чи перепуском частини мережевої води в обхід підігрівачів. Парові підігрівачі можна розглядати як інерційні об'єкти з затримкою.

### 3.3 Вибір математичної моделі системи управління

У даному технологічному процесі досить використовувати ПІ-регулювання для виходу параметрів на задані значення. Для підвищення якості регулювання і зниження помилки від «людського чинника» в даній системі використовується вбудований в системне програмне забезпечення контролера ПІ-регулятора.

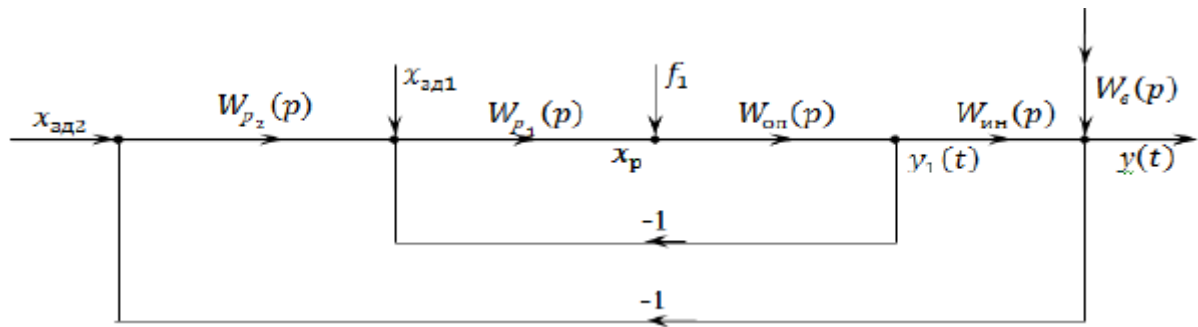
При роботі котельної установки для здійснення як головний технологічний параметр приймається температура. Регулювання температури мережевої води відбувається шляхом зміни тиску пари в теплофікаційному відборі при повністю відкритій регулюючій заслінці. Тиск пари у відборі змінюють за допомогою системи регулювання паром турбіни і спеціального автоматичного за датчика температури, що діє в залежності від електричного навантаження турбогенератора і температури зовнішнього повітря.

В таблиці 3.1 наведені вихідні дані для моделювання САР температури мережевої води.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для моделювання САР температури мережевої води

Параметр	Значення
Коефіцієнт посилення об'єкта для випереджувальної ділянки	$K_{оп} = 7,4 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{T}/\text{ч}$
Велика стала часу випереджувальної ділянки	$T_{оп} = 25,4 \text{ с}$
Менша стала часу випереджувальної ділянки	$\sigma_{оп} = 2,54 \text{ с}$
Коефіцієнт посилення об'єкту для інерційної ділянки	$K_{ин} = 1,61 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{T}/\text{ч}$
Час за Кулаковим	$T_k = 175 \text{ с}$
Час запізнення	$\tau_y = 109 \text{ с}$

САР температури води в теплообмінному апараті являє собою каскадну САР (рис. 3.2).



$x_{зд1}$ ,  $x_{зд2}$  – задані значення проміжної і основної величини, що регулюється, відповідно;  $y(t)$ ,  $y_1(t)$  – основна і проміжна величини, що регулюються, відповідно;  $f_1$ ,  $f_2$  – внутрішнє і зовнішнє обурення відповідно;  $\varepsilon_1(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  – помилки регулювання відповідно внутрішнього і зовнішнього контурів

Рисунок 3.2 – Схема моделювання САР температури мережевої води

Динаміка випереджувальної ділянки представлена у вигляді інерційної ланки другого порядку:

$$W_{оп}(p) = \frac{K_{оп}}{(T_{оп}p + 1)(\sigma_{оп}p + 1)} = \frac{7,4}{(25,4p + 1)(2,54p + 1)}, \quad (3.1)$$

Динаміка інерційної ділянки наведена у вигляді інерційної ланки першого і другого порядку із запізненням:

$$W_{ин}(p) = \frac{K_{ин} \cdot e^{-\tau_y p}}{(T_k p + 1)} = \frac{1,61 \cdot e^{-109p}}{(175p + 1)}, \quad (3.2)$$

де  $W_в(p)$  – передавальна функція крайнього зовнішнього обурення:

$$W_в(p) = \frac{K_в}{T_в p + 1} = \frac{5}{30p + 1}, \quad (3.3)$$

У свою чергу  $W_{p1}(p)$  – передавальна функція стабілізуючого регулятора:

$$W_{p1}(p) = \frac{K_{p1}(T_{и1}p + 1)}{T_{и1}p} \quad (3.4)$$

де  $W_{p2}(p)$  – передавальна функція корегуючого регулятора:

$$W_{p2}(p) = \frac{K_{p2}(T_{и2}p + 1)}{T_{и2}p} \quad (3.5)$$

Передавальна функція стабілізуючого регулятора:

$$W_{p1}(p) = \frac{1,074(9,646p + 1)}{9,646p} \quad (3.6)$$

Передавальна функція корегуючого регулятора:

$$W_{p2}(p) = \frac{0,499(175p + 1)}{175p} \quad (3.7)$$

Блок-схема типової КСАР наведена на рис. 3.3.

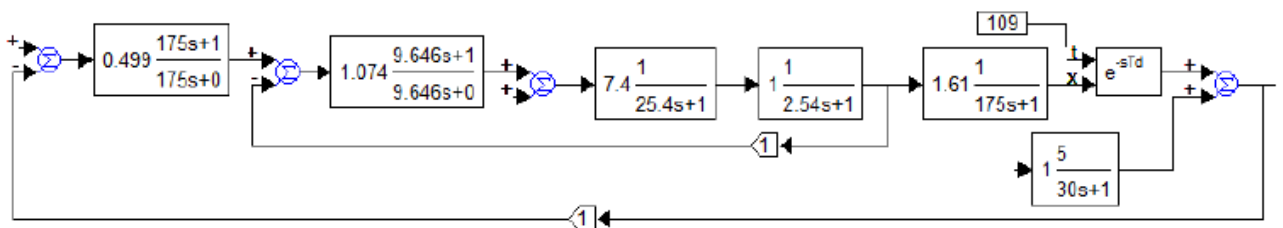


Рисунок 3.3 – Блок-схема типової КСАР

При моделюванні процесів САР температури мережевої води, був отриманий наступний перехідний процес показаний на рисунку 3.4.



T, °

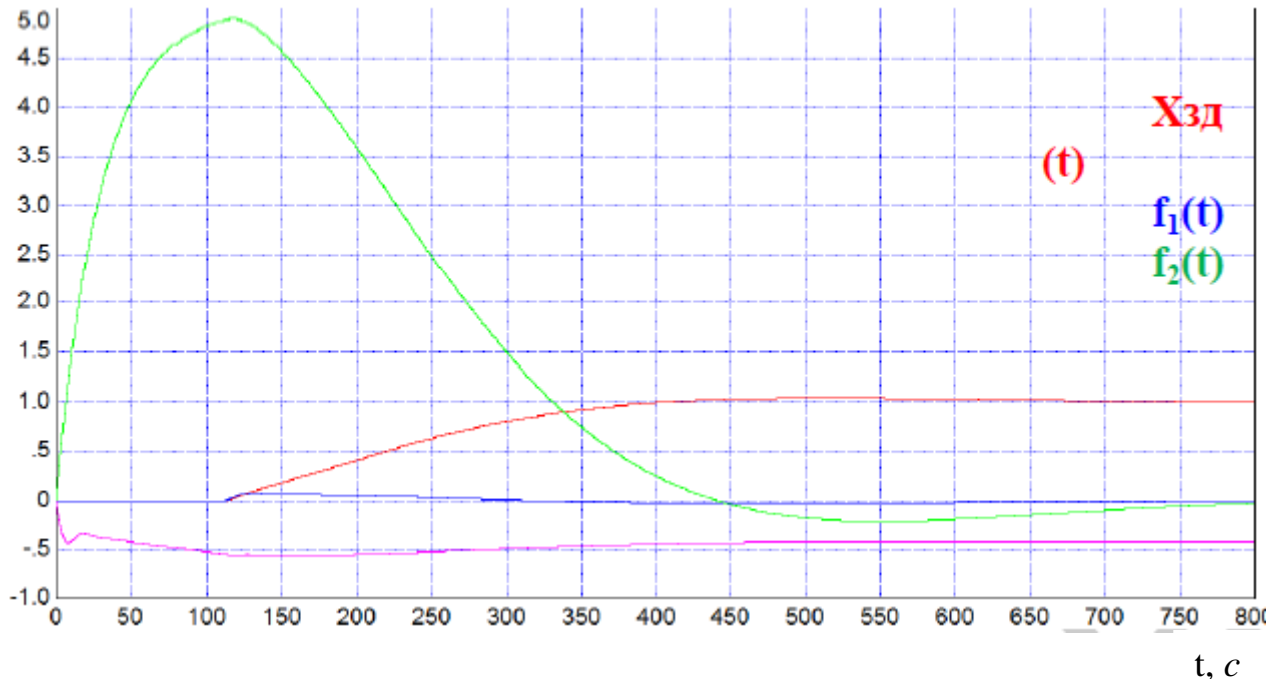


Рисунок 3.4 – Графік перехідного процесу в зоні нагріву мережевої води

В таблиці 3.2 наведені результати дослідження перехідного процесу в зоні нагріву мережевої води, прямі показники якості регулювання.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження перехідного процесу в зоні нагріву мережевої води, прямі показники якості регулювання

	$t_n, c$	$A_{max1}^+$	$A_{max1}^-$	$\sigma_{max}, \%$	$\psi$
$x_{зд}(t)$	660	0,038	-	4,6	1
$f_1(t)$	300	0,04	0	-	1
$F_2(t)$	785	4,75	0,17	-	1
$X_p(t)$	-	-	0,57	-	-

### 3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

#### 3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Регулювання температури мережевої води.

Перетворювач термоелектричний ТСП-100 (поз.1а):

Перетворювач ТСП-100призначений для вимірювання температури окисних і нейтральних середовищ.

Характеристики:

– робочий діапазон вимірюваних температур, °С: високотемпературний перетворювач ТСП-100від 0 до 1300;

– показник теплової інерції, с, не більше – 80;

– матеріал головки – сплав алюмінієвий.

Зовнішній вигляд представлений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд ТСП-100 [9]

Прилад реєструючий РМТ-49D (поз. 1 г).

РМТ мають наступні характеристики:

- 3 чи 6 гальванічно розв'язаних універсальних входів;  
- лінійна безперервна реєстрація сигналів на діаграмній паперовій стрічці або дисковому накопителі;

- 4 уставки на кожний канал;

- 4 релейних виходи на кожний канал;

- вбудовані блоки живлення 24 В, 36 В (22 мА) на кожний канал;

- конфігурування за допомогою клавіатури на лицьовій панелі або по інтерфейсу RS-232/485;

- рознімні клемні колодки для підключення датчиків і виконавчих пристроїв;

- варіанти виконання: загальнопромислове, Ex ([Exia]ІІС), АЕС (атомне).



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд РМТ-49D [9]

У якості вимірювачів тиску (поз. 4б) та різниці тиску було обрано Метран-100ДД (рис. 3.7)

Діапазон виміру:

- щодо тиску від 0,01 до 400 Па;
- абсолютний тиск від 8,3 до 160 Па;
- диференціальний тиск від 1 до 30 Па;
- вихідний сигнал: 4-20 мА, HART-протокол (DS III);
- погрішність виміру не більше 0,01% у діапазоні 1:10;
- індикатор (опція): цифровий;
- температура процесу -40...+100 °С.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд перетворювача тиску Метран-100ДД

Ручний за датчик РДЗ-22 (поз. 1е).

Характеристики:

- тип датчика: уніфікований постійного струму;
- вхідні сигнали: аналоговий, постійного струму 0-5, 0-20, 4-20 мА; аналоговий, постійної напруги 0-10В; дискретний, замикання зовнішніх контактів 50 В, 0,03 А; аналоговий, сигнал зовнішнього реостатного задатчика + 5%.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд РДЗ-22[10]

Показчик положення БРУ-10 (поз. 2 г).

Для реалізації ручного режиму використані блоки ручного керування БРУ-107 фірми Мікрол (рис. 3.8). Він виконує функцію переходу в ручний або автоматичний режим управління, а також в ручному режимі збільшує, або зменшує значення керованої величини.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд блоку ручного керування БРУ-107

Пускач безконтактний (поз. 3д).

Пускач ФЦ-0610 призначений для управління механізмами МЕО, що мають трифазний електродвигун. Пуск, реверс електродвигуна (синхронного або асинхронного), гальмування і захист від перевантаження асинхронного електродвигуна, сигналізація про відмови.

Характеристики:

– вхідні сигнали: імпульси 2-х полуперіодного випрямленої синусоїдальної напруги (24 + 6)В з безперервним зміною шпаруватості; - зміна стану контактних або безконтактних ключів;

– вихідний сигнал: замикання (розмикання) вихідних безконтактних ключів;

– максимальний комутований струм: 4А по кожній фазі 3-х фазного змінного напруги;

– маса: не більше 7 кг.

Зовнішній вигляд ФЦ-0610 представлений на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд ФЦ-0610 [9]

#### 3.4.2 Промислові контролери

Для управління цим процесом використаний контролер SIMATIC S7-300. Зовнішній вигляд контролера показаний на рисунку 3.11.

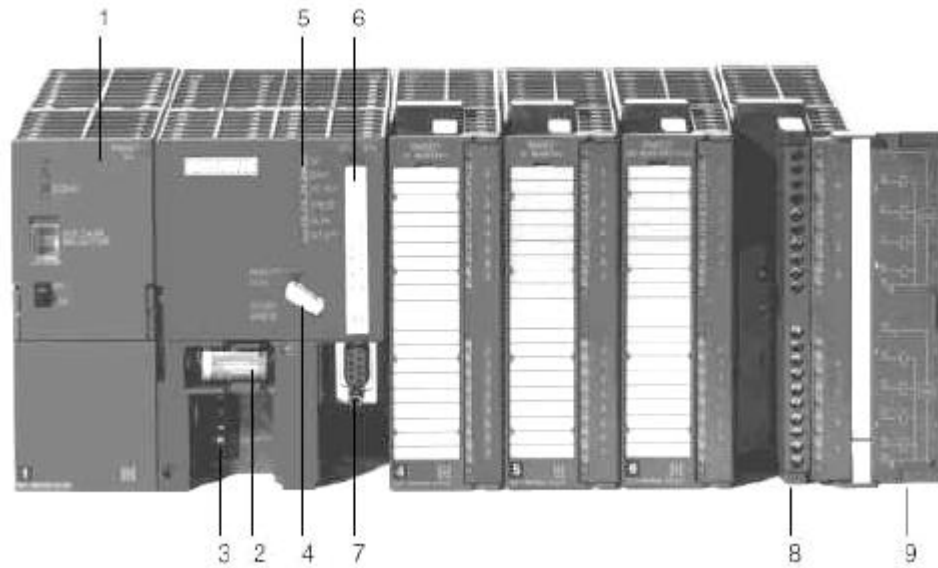


Рисунок 3.11 – Зовнішній вид контролера SIMATIC S7-300 [36]

SIMATIC S7-300 – це модульний програмований контролер, який працює з природним охолодженням.

Модульна конструкція, можливість побудови розподілених структур управління, наявність дружнього користувачеві інтерфейсу дозволяє використовувати контролер для економічного вирішення широкого кола завдань автоматичного управління в різних областях промислового виробництва. Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гами модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

Контролер SIMATIC S7-300 має модульну конструкцію і може включати до свого складу:

- модулі центральних процесорів (CPU). Залежно від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролері можуть бути використані різні типи центральних процесорів, що відрізняються продуктивністю, об'ємом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, наявністю або відсутністю комунікаційних інтерфейсів;

- сигнальні модулі (SM), призначені для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів з різними електричними і часовими параметрами;

- комунікаційні процесори (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS інтерфейсу або організації зв'язку по PPI (point to point) інтерфейсу;

- функціональні модулі (FM), здатні самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціювання, обробки сигналів. Функціональні модулі забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у разі відмови центрального процесора ПЛК.

При необхідності в складі контролера можуть бути використані:

- модулі блоків живлення (PS), що забезпечують можливість харчування контролера від мережі змінного струму напругою 120 або 230 В;

- інтерфейсні модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до центрального контролера стійок розширення введення-виведення. Контролери SIMATIC S7-300 дозволяють використовувати в своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажним стійок.

Всі модулі працюють з природним охолодженням.

Діапазон робочих температур стандартне виконання від 0 до 60 ° С, з розширеним температурним діапазоном (від -25 до 60 ° С) і підвищеною стійкістю до дії вологості, конденсату і морозу.

В даному контролері можуть використовуватися наступні модулі центрального процесора CPU312IFM, CPU313, CPU314IFM, CPU314, CPU315, CPU315-2DP, CPU316-2DP, CPU318-2DP.

В управлінні процесом використаний модуль процесора CPU315-2DP

Технічні параметри CPU315-2DP:

- обсяг пам'яті програм 48Кбайт, 16 Кбайт інструкцій, вбудована RAM 80Кбайт, карта пам'яті Flash-EEPROM до 4 Мбайт;

– захист даних при аварійному відключенні харчування: без буферної батареї 4Кбайт (прапори, таймери, лічильники, дані); з буферної батареєю додатково все блоки даних дата і час;

– вбудований годинник реального часу.

Програмування здійснюється за допомогою пакета програмування STEP 7.

Набір інструкцій дозволяє працювати з логічними операціями, операціями з дужками, збереження, рахунок, завантаження, передача, порівняння, зрушення, а також, операції над числами з фіксованою і плаваючою комою, функції переходів.

Системні функції (SFC):

- обробка переривань, помилок і відмов;
- копіювання даних; тимчасові функції (годинник);
- діагностичні функції;
- визначення параметрів модулів;
- перевизначення режимів роботи.

Час виконання операцій: логічних операцій 0,3...0,6 мкс, операцій зі словами 1,0 мкс, операцій з таймерами і лічильниками 12 мкс, складання цілих чисел 2,0 мкс, складання дійсних чисел 50,0 мкс.

Проектне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану конфігурацію ввідів-виводів та мережну структуру.

Кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 14. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА. На такий вхідний сигнал орієнтований 8-канальний аналоговий модуль вводу SM331.



Компоновка контролера проводиться виходячи з кількості і типу сигналів на вході і виході. В даній роботі маємо 14 приладів з аналоговим вихідним сигналом. На вихід з контролеру подаються сигнали на пускачі типу ПБР.

Кількість модулів розраховується за формулою:

Кількість модулів = кількість сигналів з об'єкту/розрядність плати

$14 \text{ вхідних сигналів} / 8 \text{ каналів вводу} = 1,75 = 2 \text{ шт.}$

Серед існуючих аналогових модулів Simatic S7-300 підходить модуль SM332 (серія 6ES7332-5HD01-0AB0). Споживчий струм: 100 мА (на 2 модулі – 200 мА), 5 В постійного струму.

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керуючий вплив на води, пари, бражки і спирту. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати води і пари, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Як показано у табл. 4, зміну витрат технологічних параметрів здійснюють три виконавчі механізми, а це означає, що для керування їх роботою потрібно шість вихідних каналів дискретного модуля виводу.

$10 \text{ вхідних сигналів} / 16 \text{ каналів виводу} = 0,63 = 1 \text{ шт.}$

Серед існуючих дискретних модулів Simatic S7-300 для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль SM322 (серія 6ES7322-1BF01-0AA0), 24 В/0,5А постійного струму.

Для опитування 14 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів вихідних каналів, реалізації одної гілки розподіленого вводу-виводу та здійснення інших процедур у системі управління, можна використати центральний процесор CPU315-2DP (серія 6ES7315-2AH14-0AB0). Він має можливість підключення до 32 модулів S7-300 (4-рядна конфігурація), вбудований блок

живлення =24 в, 256 кбайт робочей пам'яті, 2 інтерфейса DP-MASTER/SLAVE. Споживчий струм шини з 850 мА.

Оскільки, відповідно до завдання, необхідно сконфігурувати розподілений ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузлу, 6GK1571-0BA00-0AA0 – PC USB-адаптер A2 (USB V2.0) для підключення PG / PC чи ноутбука SIMATIC S7 к PROFIBUS чи MPI В комплекті (USB-кабель 5М ).

Для функціонування контролера потрібен модуль живлення, який необхідно розрахувати, користуючись підсумковим струмом, що споживаються усі модулі контролера. Аналогові модулі споживають струм 200 мА, дискретний модуль виводу – 0,5 А, центральний процесор – 850 мА. Тобто сумарний струм, що споживають модулі центрального шасі дорівнює 1550 мА. Щоб забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення

В якості джерела живлення для контролеру використовується універсальній модуль живлення PS307 (серія 6ES7307-1EA01-0AA0): має вхідну напругу ~120/230 В, а вихідний струм шини дорівнює 5 А.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібно два шасі. На центральному необхідно встановити модуль живлення, центральний процесор, аналоговий модуль вводу, а на виносному – адаптер вузлу підключення PG / PC і аналоговий модуль вводу. Обираємо профільну шину довжиною 480 мм S7-300, серії 6ES7390-1AE80-0AA0.

Структурна схема розподіленої системи автоматичного управління приведена на рисунку 3.12.

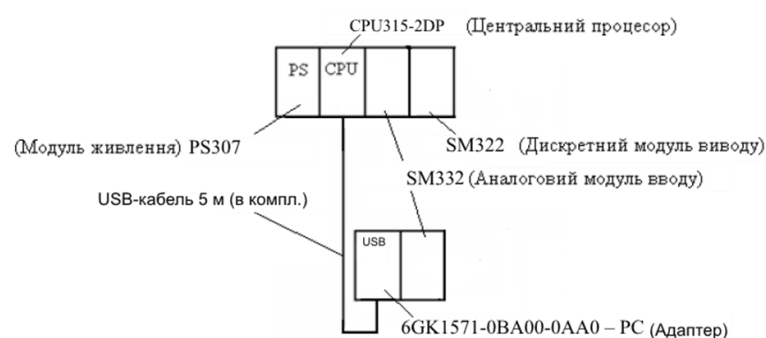


Рисунок 3.12 – Структурна схема розподіленої системи автоматичного управління [28]

### 3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

Виконавчий механізм МЕО-100/25-0,25У-99К (поз. 3 е).

Електричні виконавчі механізми МЕО призначені для переміщення регулюючих органів (запірної арматури) в автоматичних системах управління технологічними процесами відповідно за командними сигналами регулюючих пристроїв.

Характеристики:

- номінальний крутний момент на вихідному валу: 100;
- номінальний час повного ходу вихідного валу: 25;
- номінальне значення повного ходу вихідного валу: 0,25;
- споживана потужність: 170.

Зовнішній вигляд МЕО-100/25-0,25У-99К представлений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд МЕО-100/25-0,25У-99К [11]

## 4РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

### 4.1 Функціональна схема автоматизації управління заданим

САР температури прямої мережевої води.

Значення термодатчика навколишнього середовища ТСП-100 (поз. 1а) напряму, а також з датчиків температури води в трубопроводі ТСП-100 (поз 1б, 1в) через показуючий реєструючий прибор РМТ-49D (поз.1б) поступають на контролер S7-300. Він видає управляючий сигнал, що подається на блок ручного задатчика РДЗ-22 (поз.1г), за допомогою якого реалізується переключення з ручного режиму і навпаки. Для завдання температури використовуємо ручний за датчик БРУ-10 (поз 2г).

Далі сигнал поступає на пускач безконтактний ПБР-2М (поз 1н ,1з), і на виконавчий механізм МЭО 100/25, який керує регулюючим органом.

САР зворотньої води.

Значення термодатчика зворотньої води ТСП-100 (поз.1м) сигнал поступає на прибор показуючий та реєструючий РМТ-49D (поз. 1д) і на вхід контролера S7-300. Для завдання рівню вхідного сигналу використано ручний задатчик РДЗ-22 (поз. 1в). Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ-10 (поз.1п), який дозволяє переключати ручний і автоматичний режими, на пускатель ФЦ-0610 (поз.1є) і далі на виконавчий механізм МЭО 100/25 (поз. 1о).

САР розрідження в топці

З датчика з уніфікованим вихідним сигналом МЕТРАН-100 ДД (поз.2а) сигнал поступає на прибор показуючий та реєструючий РМТ-49D (поз.2б) і на вхід контролера. Для завдання рівню вхідного сигналу використано ручний за датчик РДЗ-22 (поз. 2в). Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ-10 (поз.2г), який дозволяє переключати ручний і автоматичний режими, на пускатель ФЦ-0610 (поз.2є) і далі на виконавчий механізм МЭО 100/25 (поз. 2ж). Для дистанційного показання положення вихідного вала

електричного виконавчого механізму використовується дистанційний показник положення ДУП-1 (поз.2з).

САР тиску води в трубопроводі.

З датчика з уніфікованим вихідним сигналом МЕТРАН-100 ДІ (поз.3а) сигнал поступає на прибор показуючий та реєструючий РМТ-49 (поз.3б) і на вхід контролера. Для завдання рівню вхідного сигналу використано ручний за датчик РДЗ-22(поз. 3в). Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ-10 (поз.3г), який дозволяє переключати ручний і автоматичний режими, на пускатель ФЦ-0610 (поз.3є) і далі на виконавчий механізм МЭО 100/25 (поз. 3ж). Для дистанційного показання положення вихідного вала електричного виконавчого механізму використовується дистанційний показник положення УП-1 (поз 3з).

САР співвідношення паливо-повітря.

Вимір витрати газу, маугу та повітря здійснено методом перемінного перетину тиску за допомогою вимірювальних діафрагм ДБС (поз. 4а, 4в, 4д) Вимір перетину тиску здійснюється за допомогою датчика з уніфікованим вихідним сигналом МЕТРАН-100 ДД (поз. 4б, 4г, 4є) з яких сигнал поступає на прибор показуючий та реєструючий РМТ-69 (поз. 4з). Також на вторинний прилад надходить сигнал з датчика аналізу вмісту кисню в продуктах згоряння ГАММА-100 (поз. 4ж) і на вхід контролера. Для завдання рівню вхідного сигналу використано ручний за датчик РДЗ-22(поз. 4і). Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ-10 (поз.4к), який дозволяє переключати ручний і автоматичний режими, на пускатель ФЦ-0610 (поз.4м) и далі на виконавчий механізм МЭО 100/25 (поз. 4н). Для дистанційного показання положення вихідного вала електричного виконавчого механізму використовується дистанційний показник положення ДУП-1 (поз.4о).

Функціональна схема автоматизації управління приведена на кресленні.

#### 4.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема є проєктним документом, що визначають повний склад електричної частини та зв'язків між її елементами, а також дає детальну уяву про принципи роботи системи. Перелік встановленого устаткування зазначений у специфікації.

Принципова схема служить підставою для розробки інших схем проєкту: монтажних схем щитів і пультів, схем зовнішніх з'єднань.

Принципова електрична схема виконана стосовно до системи автоматичного регулювання температури води.

Простота і економічність спроектованої схеми забезпечується застосуванням стандартної апаратури і типових вузлів.

Принципова електрична схема забезпечує оптимальні умови роботи оперативного персоналу при керуванні та обслуговуванні водогрійного котлу в процесі роботи. Ця вимога передбачає спрощення операцій, виконуваних обслуговуючим персоналом при керуванні, можливість швидкого вибору необхідного режиму роботи, перехід з автоматичного режиму на ручний і назад.

Температура гарячої води вимірюється уніфікованим термометром опору ТСП, струмовий сигнал від якого 4 – 20 мА проходить через блок живлення БЖ-10 і подається на вхід контролера. Контролер виробляє управляючий вплив залежно від відхилення контрольованого параметра. Сигнал з виходу контролера – 30 В подається на ключ вибору режиму управління ручний або автоматичний, за допомогою якого здійснюється вибір режиму регулювання – автоматичний або ручний. В автоматичному режимі роботи управління робить контролер у ручному режимі управління виконується кнопками.

Принципова електрична схема приведена на кресленні.

#### 4.3 Принципова електрична схема живлення

На схемі живлення показана схема підведення електричного струму, а також параметри та розміщення запобіжників, автоматичних вимикачів та ін.

Принципова електрична схема живлення приведена на кресленні.

#### 4.4. Принципова електрична схема сигналізації, блокування та захисту

Безпечна робота водогрійного котла забезпечується за рахунок виміру та сигналізації відхилень основних параметрів:

- температури прямої води (поз. 5а, 5б);
- тиску газу (поз. 5в);
- тиску мазуту (поз. 5г);
- тиску повітря (поз. 5д);
- наявності полум'я (поз. 5е).
- управління відсічними клапанами пускачами (поз. 5ж) та кнопками (поз. 5л, 5м) та світловою і звуковою сигналізацією.

#### 4.5 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів

Схема зовнішніх з'єднань представляє собою комбіновану схему, на якій показані електричні і трубні з'єднання між приладами та засобами автоматизації, установленими на технологічному обладнанні. Схема зовнішніх з'єднань виконана для системи автоматичного регулювання згоряння палива.

Із щита КВПтаА виходять два кабелі КВВГ 4х1 у захисній трубодовжиною 82,5м, і КВВГ 8х1 у захисній трубі довжиною 26,5 м для з'єднання електричної схеми щита КВПтаА із зовнішніми клемниками, розташованими безпосередньо перед виконавчим механізмом МЕО та датчиком витрат МЕТРАН-100. Із клемних з'єднувачів виходять кабель АКРНГ 5х2,5 для приєднання електродвигуна і схеми управління виконавчого механізму відповідно.

У зв'язку із тим, що щит установлюється поблизу об'єкта поза приміщенням, доцільно використовувати щит шафового типу. Щит призначений для монтажу на його лицьовій панелі апаратури для контролю та управління температурою мережевої води, для захисту апаратури від механічних ушкоджень, для запобігання випадкового дотику обслуговуючого персоналу до відкритих струмоведучих частин апаратури та затискачів.

Щит має наступні габаритні розміри: висота – 2200 мм, ширина лицьової панелі – 800 мм, ширина бічної стінки – 600 мм. На лицьовій панелі розташовуються три блоки живлення, п'ять блоків ручного управління, п'ять ламп схеми сигналізації, виносна панель управління контролера. Уся комутація зводиться до складань контактних затискачів.

#### 4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі

В котельному залі представлений панельний щит висотою 2200 мм та шириною 800 мм. На лицьовій панелі щита знаходяться нормуючі перетворювач МТМ 402-01 та блок ручного управління БРУ-10.

На внутрішній панелі щита розташовані: контролер S7-300, а також блок клемних з'єднань на висоті 300 мм.

Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішній панелі приведений на кресленні Лист 5.

#### 4.6 Схема зовнішніх з'єднань по каналу регулювання технологічної величини

Схема зовнішніх з'єднань – це схема на якій зображені електричні та трубні зв'язки, які прокладаються поза щитом КВПіА. Дана схема розробляється на основі рішень, прийнятих у ФСА, ПЕС, ПСЖ та МКС та після визначення місць встановлення щитів та пультів управління, первинних приладів, регулюючих органів та місцевих приладів.



У верхній частині схеми розміщуються згруповані за параметрами або системами регулювання монтажні символи приймачів, регулюючих органів та виконавчих механізмів. Над ними розміщуються пояснювальні записи, в яких вказуються найменування, контрольований параметр, місце встановлення, номер позиції згідно функціональної схеми автоматизації. Електричні та трубні проводки зображені вертикальними лініями з мінімальним числом вигинів. Їм присвоюється маркування у вигляді наскрізних арабських порядкових цифр.

Схема зовнішніх з'єднань САР П приведена на кресленні Лист 6.

## 5 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Специфікація являє собою перелік матеріалів і устаткування, необхідного для технічної реалізації проєкту.

У специфікації приводять відомості, необхідні для замовлення устаткування і матеріалів.

Специфікація складається при виконанні робочої документації. Вона призначаються для замовлення устаткування, кабельно-провідникової продукції та монтажних матеріалів. Складається специфікація у вигляді таблиці встановленого зразка.

Виконавчий механізм регулювального органа приводиться в рух реверсивним пускачем. Інформацію про ступінь відкриття регулювального органа показує дистанційний покажчик положення ДУП-1, що працює з реостатним датчиком виконавчого механізму.

Провода з індексами А и N служать для підведення електроживлення до окремих елементів схеми.

## БРОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Кожний елемент структурної схеми надійності характеризується інтенсивністю відмов,  $\lambda$  1/год або середнім часом напрацювання на відмову  $T_{\text{ср}} = 1/\lambda$ , год. Ці дані наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники надійності елементів АСУ ТП [26]

Елемент	$\lambda \cdot 10^{-6}$ , 1/год	$T_{\text{ср}}$ , год
ТСП-100	66,67	15000
РМТ-49D	133,33	7500
РДЗ-22	66,67	15000
БРУ-107	100	1000
Центральний процесор CPU315-2DP	29,4	34000
Модуль аналогового вводу SM331	29,4	34000
Модуль дискретного виводу SM322	29,4	34000
Блок живлення PS307	29,4	34000
Пускач ФЦ-0610	100	10000
Електропривод МЕО	50	20000
Блок комутації K1203	20	50000
Сервер вводу/виводу	12,5	80000
Клієнт (ПК)	20	50000
Сенсорна панель	23,15	43200
ДКМ (деталі кріпильного монтажу)	1,43	700000

Найменш надійний інформаційний канал – вимірювання температури мережевої води рециркуляційної системи. Структурна схема інформаційної функції для даного каналу зображена на рисунку 6.1.

Решта інформаційних каналів будуть володіти більшою надійністю функціонування.

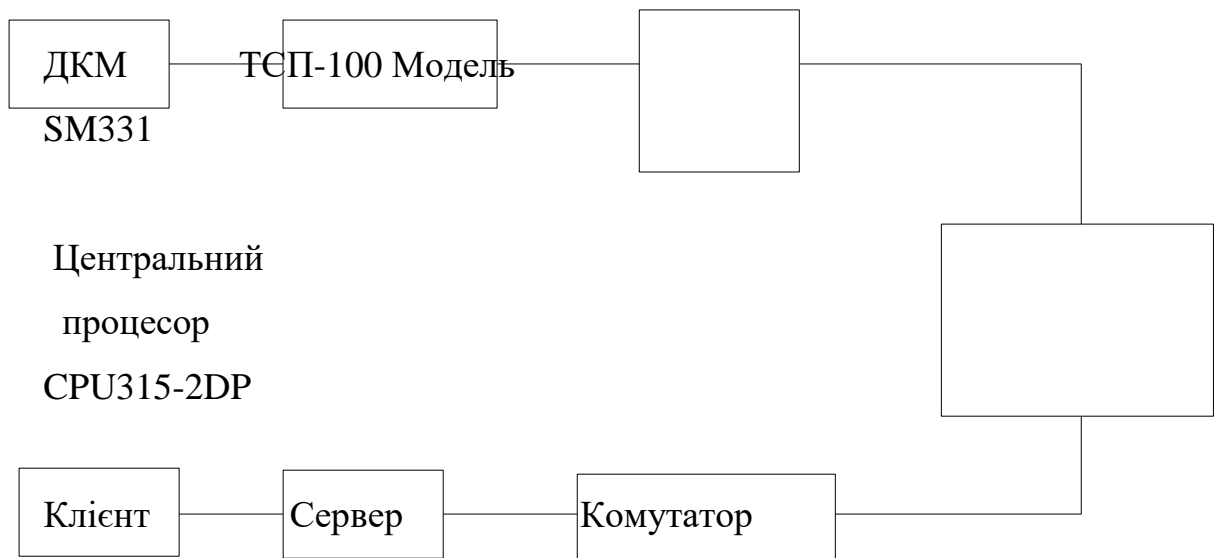


Рисунок 6.1 – Схема надійності вимірювання температури прямої мережевої ВОДИ

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи для найменш надійних представників кожної функції САР.

Використані для розрахунку формули [27]:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i; P(\tau) = e^{-\lambda\tau}; T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість елементів у структурі надійності;

$\lambda$  – загальна інтенсивність відмов;

$\lambda_i$  – інтенсивність відмов для  $i$ -го елемента;

$T_{\text{сер}}$  – середнє напрацювання на відмову;

$P(\tau)$  – ймовірність безвідмовної роботи за час  $\tau$ .

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи для інформаційної функції в перебігу часу  $\tau$ :

$$\tau = 720 \text{ год.}$$

$$\lambda_1 = 246,03 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

$$T_{\text{сер}} = 4064,5 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,83.$$

$$\lambda_2 = 236,71 * 10^{-6} \text{ 1/год};$$

$$T_{\text{сер}} = 4224,57 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,84.$$

Для регулюючої функції розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи за час  $\tau$  з урахуванням відновлення. Задаймо часом відновлення працездатності  $T_B = 3$  год та допустимим часом функціонування функції відмови  $T_{\text{доп}} = 12$  год.

$$\lambda = 274,36 * 10^{-6} \text{ 1/год};$$

$$T_{\text{сер}} = 3644,8 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,8207;$$

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-12/3} = 0,981$$

Ймовірність безвідмовної роботи на протязі часу, зважаючи на встановлення функції відмови за час  $T_B$ :

$$P_c(\tau) = P(\tau) + (1 - P(\tau))P_B(\tau) = 0,8207 + (1 - 0,8207) * 0,9817 = 0,9967.$$

Розрахуємо коефіцієнт готовності та ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі для сигналізуючої функції:

$$\lambda = 246,03 * 10^{-6} \text{ 1/год};$$

$$T_{\text{сер}} = 4064,5 \text{ год};$$

$$P(\tau) = 0,84$$

$$K_{\text{гот}} = T_{\text{сер}} / T_{\text{сер}} + T_B = 0,9998;$$

$$P_{\text{оч}}(\tau) = P(\tau) * K_{\text{гот}} = 0,84 * 0,9998 = 0,8398.$$

Усі розрахунки зводимо у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Рівень надійності функцій АСУ ТП

Функція	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$	$T_{\text{сер}}, \text{год}$	$P(\tau)$
Інформаційна	246,03	4064,5	0,83
Інформаційна	236,71	4224,57	0,84
Регулююча	274,36	3644,8	0,8207
Сигналізації	246,03	4064,5	0,83

Рівень надійності виконання функцій АСК відповідає наступним вимогам:

- середнє напрацювання на відмову для усіх функцій:  $T_{\text{сер}} > 1000$  год;
- середній час відновлення для регулюючої функції  $T_{\text{в}} < 4$  год.

## 7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### 7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Автоматизовані системи управління належать до класу людино-машинних систем. В автоматизованих системах управління, призначених для управління не лише технікою, а й людьми, чисто автоматичне управління принципово неможливе. Людина тут відіграє керівну роль при визначенні цілей управління і критеріїв його якості, остаточному виборі багатьох управлінських рішень у процесі розв'язання не повністю формалізованих задач управління, особливо таких, які вимагають творчого підходу.

Організаційне забезпечення – сукупність методів і засобів, що регламентують взаємодію працівників з технічними засобами і між собою в процесі розробки і експлуатації інформаційної системи.

Організаційне забезпечення реалізує наступні функції:

- аналіз існуючої системи управління організацією, де буде використовуватися ІС, та виявлення задач, що підлягають автоматизації;
- підготовку завдань до вирішення на комп'ютері, включаючи технічне завдання на проєктування ІС та техніко-економічне обґрунтування її ефективності;
- розробку управлінських рішень по складу та структурі організації, методології рішення задач, спрямованих на підвищення ефективності системи управління [22].

Організаційне забезпечення створюється за результатами перед проєктного обстеження на першому етапі побудови баз даних.

Організаційне забезпечення автоматизованих систем управління – це комплекс документів, які регламентують діяльність персоналу автоматизованих систем управління в умовах функціонування. У процесі розв'язування задач управління даний вид забезпечення визначає взаємодію

працівників автоматизованих систем управління з технічними засобами та між собою. Це реалізується в різноманітних методичних і керівних документах за стадіями розробки, впровадження, функціонування і супроводження автоматизованих систем управління.

Нагромаджений досвід впровадження і використання автоматизованих систем довів порівняно високу ефективність багатьох із них, а саме прямий економічний ефект впровадження галузевих автоматизованих систем управління дав великий вплив на зміну характеру діяльності управлінського персоналу міністерств і відомств, підприємств та організацій. У результаті автоматизації процесів інформаційного обслуговування підвищилась інформованість управлінського персоналу.

## 7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

Техніко-економічне обґрунтування системи автоматизованого регулювання (САР) має на меті детальне визначення економічної вигідності створення або розвитку автоматизованої системи, а також встановлення необхідних організаційно-економічних умов для її успішного функціонування. Це включає якісне та кількісне обґрунтування необхідності АСУ, оцінку можливостей її впровадження, визначення показників ефективності та оцінку ризиків, які можуть вплинути на її реалізацію.

Зміст техніко-економічного обґрунтування САР полягає в наступному:

1. Розрахувати і проаналізувати за окремими статтями витрати, необхідні для створення чи розвитку САР.
2. Зіставити витрати на створення і функціонування САР з результатами, отриманими при її впровадженні.
3. На основі розрахунків техніко-економічних показників, що характеризують результати функціонування створюваної САР, і порівнюючи їх із зіставними показниками варіанту, обраного за базу для порівняння



(аналога), дати кількісну та якісну оцінку економічної доцільності створення або розвитку автоматизованої системи.

Основною умовою при визначенні економічної ефективності АСУ є зіставність усіх показників:

- в часі;
- за цінами і тарифними ставками зарплати, використовуваним для визначення показників;
- за елементами витрат.

Економічні показники визначаються за діючими на момент розрахунку оптових цін і тарифними ставками.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності АС показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

Створення САР вимагає єдиночасних витрат на розробку і впровадження АСУ, а також поточних витрат на функціонування системи.

Єдиночасні витрати на розробку і впровадження САР включають:

- попередні витрати (тобто витрати на розробку САР);
- капітальні витрати на придбання (виготовлення), транспортування, монтаж і налагодження обчислювальної техніки, периферійних пристроїв, засобів зв'язку, допоміжного устаткування, оргтехніки, а також програмних засобів необхідних для функціонування САР;
- витрати на підготовку (перепідготовку) кадрів; зміна оборотних коштів у зв'язку з розробкою і впровадженням САР.

Ефективність САР визначають зіставленням результатів від функціонування і витрат усіх видів ресурсів, необхідних для її створення і розвитку.

Фактори, що визначають економічну ефективність САР:

- зниження витрат на операції та підвищення продуктивності праці;

- САР дозволяє покращити якість продукту або послуги, наприклад, шляхом забезпечення більш точного контролю за процесами виробництва та управління якістю;

- підвищення рівня автоматизації, збільшити рівень автоматизації виробництва та управління, що може забезпечити підвищення ефективності та зниження витрат;

- САР надає можливість більш точного та оперативного управління різними процесами та задачами, що дозволяє швидко реагувати на зміни на ринку та вирішувати проблеми;

- зниження витрат на обслуговування та технічне обслуговування.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності АСУ показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

### 7.3 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

У запропонованому проєкті регулювання водогрійного котла проводиться закупівля контролера і його модулів, первинних перетворювачів, вторинних приладів. Вартісні показники закупаюваного устаткування занесені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Необхідне обладнання на реалізацію проєкту

Найменування	Ціна за од., грн	Кількість	Сума, грн	Потужність за паспортом
ПЛК SIMATIC S7-300	577500	1	577500	9 Вт
ПК SimaticPC	850500	1	850500	27 Вт
Блок живлення Siemens PS 305	18000	1	18000	48 Вт
CPU 416-2	12600	1	12600	8,6Вт
SM 422	7800	2	15600	8 Вт

IM 153 1	3150	1	3150	5 Вт
SM 431	6900	2	13800	8 Вт
ДИФ12	4500	13	58500	8 Вт
BT 501 – датчики товщини	9000	5	45000	6 Вт
Мережевий термінал PROFIBUS (RS485)	2400	1	2400	2,2 Вт
Монтажні елементи	1800	1	1800	
Шафа технологічна	1140	1	1140	
Оптичний кабель	2700	1	2700	6 Вт
Сума			1602690	172,8 Вт

Одноразові витрати на створення АСУ визначаються за формулою:

$$K^A = K_{\Pi}^A + K_K^A \quad (7.1)$$

де  $K_{\Pi}$  – довиробничі витрати, грн..

Капітальні витрати, грн.

$$K^A = 5280 + 1602690 = 1607970 \text{ грн.}$$

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$K_{\Pi}^A = K_{\Pi P}^A + K_{\Pi O}^A + K_{\Pi IO}^A \quad (7.2)$$

де –  $K_{\Pi P}^A$  витрати на проектування АСУ, грн.;

$K_{\Pi O}^A$  – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$K_{\Pi IO}^A$  – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн..

$$K_{\Pi}^A = 0 + 1980 + 3300 = 5280 \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$K_K^A = K_{\text{КТЗ}}^A + K_{\text{МОНТ}}^A \quad (7.3)$$

де  $K_{\text{КТЗ}}^A$  - кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$K_{\text{МОНТ}}^A$  - витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн.. (10% від вартості КТЗ).

$$K_K^A = 1602690 + (1602690 \times 0,1) = 1762959 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ здійснюється за формулою:

$$Z_{\text{експ}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{ел}} + Z_A + Z_{\text{мат}} + Z_{\text{рем}}, \quad (7.4)$$

де  $Z_{\text{зп}}$  - річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$Z_{\text{ел}}$  - річна вартість електроенергії, споживаною АСУ, грн.;

$Z_A$  - річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$Z_{\text{мат}}$  - річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% від вартості КТЗ), грн.;

$Z_{\text{рем}}$  - річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування АСУ залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби складають 23% (23% - ЄСВ).

Служба експлуатації контрольно-вимірвальних приладів і автоматики (КВП і А) виконує наступні функції: метрологічний нагляд; технічне обслуговування; ремонт і настройку контрольно-вимірвальних приладів і приладів автоматичного управління. Крім того, вона впроваджує нові засоби і системи автоматики (табл.7.2).

Таблиця 7.2 - Штатний розклад служби КВП і А

Робочі на стані	Графік роботи	Кількість працюючих	Розряд робіт
Інженер-конструктор з ремонту і обслуговування обладнання	Залізничний	6	7
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання	Залізничний	8	5
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання (старший)	Залізничний	6	6
Слюсар КВП і А	Залізничний	10	4

Число фахівців які повинні забезпечити безперервну роботу АСУ прокатного стану 1680 протягом зміни – 2 чол.

Штатна чисельність робочих:

4 – кількість бригад.

$$4 \times 2 = 12 \text{ чол.}$$

Списочна чисельність робочих знаходиться за формулою:

$$Ч_{сп} = Ч_{шт} \times К_{сп}, \quad (7.5)$$

де  $Ч_{шт}$ -штатна чисельність робочих, чол.;

$К_{сп}=1,16$  - коефіцієнт списочності:

$T_{ном}=273,75$  - номінальний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні;

$T_{эф}=235,75$ - ефективний фонд часу робіт одного робочого з арік, дні(див.таб.7.3).

$$Ч_{сп} = 12 \times 1,16 = 19 \text{ чол.}$$

$$К_{сп} = 273,75/235,75 = 1,16 \text{ (табл. 7.3).}$$

Для виявлення втрат робочого часу, визначення їх причин та шляхів усунення проводиться аналіз показників використання робочого часу робітниками на підставі даних балансу робочого часу (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3 – Баланс робочого часу одного фахівця

Показники	Режим роботи
	Безперервний (трьохзмінний чотирьохбригадний)
Календарний час	365
Вихідні	$365/4 = 91,25$
Номинальний час	272,75
Невиходи, в т.ч.:	37
По хворобі	1,0
Відпустка основна	34
Навчальна відпустка виконання держ.	1
Лікарняні у зв'язку з пологами	0,5
Прогули	0,5
Ефективний фонд часу обов'язків по вирішенню адміністрації	-
	235,75

Заробітна плата по тарифу:

$$З_{зп} = C_{ч} \times T_{еф} \times Ч_{сп}, \quad (7.6)$$

де  $З_{зп}$  - заробітна плата за тарифом, грн.;

$T_{еф}$  - число відпрацьованих людино-годин;

19 фахівців працюють по 12 годин, 16 змін за місяць відпрацьовує 1 робітник, отже  $12 \times 16 = 192 \frac{\text{год}}{\text{міс}}$ .

$$T_{еф} = 192 \times 365 = 70080 \frac{\text{чол}}{\text{год}} \text{ в рік}$$

$C_{ч}$  - середня погодинна тарифна ставка, грн.;

$\text{Ч}_{\text{сп}}=19$  - кількість фахівців, чол.

Таблиця 7.4 – Тарифні ставки і заробітна плата

Розряд	Кількість, чол.	Тарифна ставка	Зарплата по тарифу, грн
4	7	8	3924480
5	5	8,7	3048480
6	4	9,3	2606976
7	3	10	2102400
Всього	19	—	11682336

Відрахування на соціальні потреби складають 22%, отже:

$$Z_{\text{зп}} = 11682336 + 22\% = 14252449,9 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії визначається за формулою:

$$Z_{\text{ел}} = W \times T_{\text{еф}} \times C_{\text{е}}, \quad (7.7)$$

де  $W$  – встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{\text{еф}}$  – ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$C_{\text{е}}$  – вартість 1 кВт/рік електроенергії, грн..

Таблиця 7.5 – Час роботи КТЗ

Показники		
	Години	Доба
Календарний час	8760	365
Планово-попереджувальні роботи	480	20
Капітальні ремонти	0	0
Номінальний час	8 280	345
Поточні простої	780	32,5
Фактичний час	7 500	312,5
Середня продуктивність за годину, т/г	12,1	

Продуктивність стану за рік, т/рік	90750
------------------------------------	-------

Фактичний час роботи стану за рік і продуктивність його в одиницю часу:

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{кал}} - (T_{\text{пп}} + T_{\text{кр}} + T_{\text{ппр}}) = 8760 - (480 + 0 + 780) = 7500 \text{ год.}$$

де  $T_{\text{еф}}$  – річний фонд робочого часу прокатного стану (КТЗ), год.

$$W - 172,8 \text{ Вт;}$$

$$Ц_{\text{е}} - 1,68 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{ел}} = 0,1728 \times 7500 \times 1,68 = 2177,28 \text{ грн.}$$

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_{\text{А}} = \frac{1602690 \times 0,1}{100} = 1602,69 \text{ грн.}$$

де  $З_{\text{А}}$  – норма амортизації, % (10%).

$$З_{\text{мат}} - 1602690 \times 0,2 = 320538 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{рем}} - 1602690 \times 0,7 = 1121883 \text{ грн.}$$

$$\begin{aligned} З_{\text{експ}} &= 14252449,9 + 2177,28 + 1602,69 + 320538 + 1121883 = \\ &= 156986510 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Розрахунок показників економічної ефективності АСУ

Пропонована система дозволяє реалізувати збільшення ефективності опалення на 5 % за рахунок регулювання температури мережевої води системи рециркуляції і контролювання технологічного процесу за допомогою контролера.

Основними показниками економічної ефективності АСУ є:



- річна економія у зв'язку з функціонуванням АСУ;
- річний економічний ефект;
- ефективність витрат на створення і впровадження АСУ.

Річна економія (Е) від функціонування АСУТП використовується для розрахунку річного економічного ефекту.

Річний економічний ефект ( $E_{\text{рік}}$ ):

$$E_{\text{рік}} = B^{\text{B}} - Z_{\text{експ}}, \quad (7.8)$$

де  $Z_{\text{експ}}$  – річні витрати на експлуатацію АСУ.

$B^{\text{B}}$  – виручка від реалізації продукції до впровадження АСУ, грн.

$$B^{\text{B}} = 7215 \times 45375 = 327380625 \text{ грн/рік.}$$

Річна економія:

$$E = B^{\text{B}} + 1,5\% = 332291334,4 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_{\text{рік}} = 332291334,4 - 1762959 = 330528375 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних витрат (Т) визначаються за формулою:

$$T = \frac{156986510}{330528375} = 0,47 \text{ рік.}$$

Рентабельність капітальних витрат  $E_p$  на створення АСУ:

$$E_p = E_{\text{рік}} \div K_K^A = \frac{330528375}{156986510} = 2,1$$

Результати розрахунку економічної ефективності наведені в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. виміру	Рівень показника
Вартість КТЗ	грн.	1602690
Одноразові витрати на створення САР	грн.	1607970
До виробничі витрати на розробку САР	грн.	5280
Капітальні витрати	грн.	1762959
Час роботи КТЗ	годин	7500
Продуктивність стану за рік	т/рік	90750
Річні витрати на заробітну плату спеціалістів	грн.	14252449,9
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	1124,93
Річні експлуатаційні витрати САР	грн.	156986510
Річна економія	грн.	332291334,4
Річний економічний ефект	грн.	330528375
Термін окупності витрат	рік	0,47
Рентабельність капітальних вкладень		2,1

## 8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних засобів і заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи. Охорона праці включає організаційно-правові питання, техніку безпеки, виробничу санітарію і пожежну профілактику (ДСТУ 2293:2014).

Закон України «Про охорону праці» зобов'язав власника за свої засоби організувати проведення при прийомі на роботу медичних оглядів і протягом трудової діяльності лікарський контроль за поляганням здоров'я робочих, зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими і небезпечними умовами праці або таких, де є необхідність в професійному відборі, а також обов'язковий щорічний медичний огляд осіб у віці до 21 року незалежно від того, в яких умовах вони працюють.

У системі законодавства щодо гігієни праці ключове місце займає Закон України «Про забезпечення санітарного і епідемічного благополуччя населення». Положення, які мають пряме відношення до захисту здоров'я робітників і службовців якнайповніші освітлені в статті 7 «Обов'язку підприємств, установ і організацій». Ця стаття передбачає розробку і здійснення адміністрацією підприємств санітарних і протиепідемічних заходів; здійснення в необхідних випадках лабораторного контролю за дотриманням вимог санітарних норм щодо рівнів шкідливих чинників виробничого середовища; інформування органів і установ державної санепідеміологічної служби при надзвичайній події і ситуації, які представляють небезпеку для здоров'я населення; відшкодування в установленому порядку працівникам і громадянам збитків, які нанесені їх здоров'ю в результаті порушення санітарного законодавства.

Заходи з охорони праці спрямовані на профілактику травматизму, професійних захворювань та пожеж на виробництві. Для створення безпечних

умов на виробництві необхідно дотримання вимог техніки безпеки, промислової санітарії та протипожежної профілактики, які слід широко пропагувати, а також навчати виробничий персонал. У центрі уваги охорони праці є завдання щодо збереження в процесі виробництва життя та здоров'я працюючих.

### 8.1 Аналіз небезпечних факторів теплогенеруючих об'єктах

Загальні ризики під час проведення робіт на теплогенеруючих об'єктах:

- удар електричним струмом;
- опіки від розпечених поверхонь та відкритого полум'я;
- опіки та травми від ємностей, що працюють під високим тиском;
- стрес і нездужання через гучний шум від вентиляторів, котлів, інших пристроїв;
- нездужання через високу вологість і температуру повітря, падіння через розливу воду або олію;
- ймовірність травмуватися через пожежонебезпечну ситуацію – вибух котла і т. д.;
- опіки та травми через загоряння палива, сажі;
- механічні травми від будь-якої частини котельні – наприклад, від завантажувача палива в твердопаливному котлі;
- ядуха, отруєння продуктами згоряння при виході з ладу фільтруючої апаратури;
- попадання на шкіру або в очі хімічних речовин, які можуть призвести до дерматиту, опіку, тимчасової або постійної сліпоті.

До обслуговування котлів можуть бути допущені особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, навчені, атестовані та мають посвідчення на право обслуговування котлів.

Атестація операторів котлів провадиться комісією за участю інспектора Держгіртехнагляду України. Особам, які пройшли атестацію, мають бути

видані посвідчення за підписом голови комісії та інспектора Держгіртехнагляду України. Періодична перевірка знань персоналу обслуговуючого котли повинна проводитись не рідше ніж один раз на 12 місяців. Позачергова перевірка знань проводиться:

- при переході на інше підприємство;
- у разі переходу на обслуговування казанів іншого типу;
- при переведенні котла на спалювання іншого виду палива;
- за рішенням адміністрації або на вимогу інспектора

Держгіртехнагляду України.

Комісія з періодичної та позачергової перевірки знань призначається наказом на підприємстві, участь у її роботі інспектора Держгіртехнагляду України визначається цим органом.

При перерві у роботі за спеціальністю понад 12 місяців персонал, який обслуговує котли після перевірки знань, повинен перед допуском до самостійної роботи пройти стажування для відновлення практичних навичок за програмою, затвердженою керівництвом підприємства.

Правила улаштування та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів поширюються на парові котли, котли-бойлери, автономні пароперегрівачі та економайзери, водогрійні та парові котли, енерготехнологічні котли, котли-утилізатори, трубопроводи пари та гарячої води в межах котла. Правила обов'язкові для виконання всіма посадовими особами, зайнятими проектуванням, виготовленням, монтажем, ремонтом та експлуатацією котлів, автономних пароперегрівачів, економайзерів та трубопроводів та систем автоматизованого керування у межах котла.

Конструкція котла та його основних частин повинна забезпечувати надійність, довговічність та безпеку експлуатації на розрахункових параметрах протягом розрахункового ресурсу безпечної роботи котла. Внутрішній пристрій у паровій та водяній частинах барабанів котлів, що перешкоджає огляду їх поверхні, а також проведенню дефектоскопії, повинні виконуватися знімними. Температура стінок елементів котла, пароперегрівача

та економайзера не повинна перевищувати значення, прийнятого у розрахунках на міцність.

Конфігурація розміщених у газоходах труб повинна унеможлилювати утворення в них парових мішків пробок. Конструкція котла повинна забезпечувати можливість рівномірного прогрівання його елементів під час розпалювання та нормального режиму роботи, а також можливість вільного розширення окремих елементів котла.

Ділянки елементів котла та трубопроводів з підвищеною температурою поверхні доступні для обслуговуючого персоналу і повинні бути покриті ізоляцією, яка забезпечує температуру зовнішньої поверхні не більше 55°C при температурі навколишнього середовища не більше 25°C.

Конструкція котла повинна забезпечувати видалення повітря з усіх елементів під тиском, в яких можуть утворюватися повітряні пробки при заповненні та пуску. Пристрій газоходів повинен унеможлилювати утворення вибухонебезпечних скупчень газів, а також забезпечувати умови, необхідні для очищення газоходів від відкладень продуктів згоряння.

Нижній допустимий рівень води в газотрубних (жаротрубних) котлах повинен бути не менше ніж на 100 мм вище за верхню точку поверхні нагріву котла. Іноді допускається зменшення цієї величини, якщо нижчий підтверджується спеціальними розрахунками. Верхній допустимий рівень води в парових котлах повинен забезпечувати запобігання потраплянню води в пароперегрівач або паропровід.

Робота в котельні пов'язана із середніми фізичними навантаженнями, але має низку факторів, які роблять працю потенційно небезпечною. Наприклад, оператор котельної ЖКГ постійно стикається з виробничим шумом, створюваним котельними установками, а також працює в безпосередній близькості від судин, що знаходяться під тиском.

До стандартного зразка інструкції з охорони праці для операторів котельної установки перераховані інші шкідливі фактори, з якими може зіткнутися працівник, який задіяний на виробництві.

Відповідно до типових галузевих норм працівники котельної мають отримати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту машиністу котельні видаються:

- костюм бавовняний;
- рукавиці комбіновані;
- окуляри захисні;
- при ручному завантаженні:
- костюм бавовняний з вогнезахисним просоченням;
- черевики шкіряні;
- рукавиці комбіновані;
- окуляри захисні;
- при роботі на дровах та інших видах палива:
- фартух бавовняний;
- рукавиці комбіновані.

Захист від шуму і вібрації. Джерелом виникнення шуму і вібрації є машини, що обертаються, технологічні установки і апарати, в яких відбувається переміщення з великою швидкістю рідин і газів, електротехнічне устаткування зі змінними електромагнітними полями. Для захисту від шуму застосовуються:

- звукоізоляція конструкцій, що захищають;
- звукопоглинальні конструкції і екрани;
- глушники шуму;
- правильне планування і забудова.

Основними заходами протипожежного режиму в котельні є:

- територія котельні, робочі місця постійно утримуються в чистоті;
- підлоги рівні та неслизькі;
- заборонено зберігання поза спеціальною тарою олії, нітрофарби та інших легкозаймистих рідин;
- не дозволяється курити;

- основна увага приділяється справності електрогосподарства.

Для швидкої пожежної охорони в котельні є засоби зв'язку: телефон, сигналізація з сповіщувачами. Діє добровільна пожежна дружина. Основним засобом пожежогасіння є вода. Система пожежогасіння має надійне зовнішнє та внутрішнє водопостачання всіх об'єктів, крім того, в цехах є первинні засоби: ОХП, ящики з піском, цебра, багри, пінні вогнегасники, лопати.

## 8.2 Аналіз робочого місця оператора АСУТП

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і посадових обов'язків оператора АСУТП у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ сформовані Заходи по забезпеченню безпеки праці.

Приміщення, у якому здійснюються заходи пов'язані з виконанням посадових обов'язків та проведенням досліджень та розрахунків (розробкою, модернізацією, удосконаленням, тощо), є спеціалізованим, яке обладнане ПК з ВДТ.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», «Правил улаштування електроустановок» (далі – «ПУЕ»), ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та буде використовуватися згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі – «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі – «ПБЕЕС») та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».



Згідно «ПУЕ», за ступенем небезпеки ураження електрострумом, робоче місце оператора АСУТП приміщення належить до 1-го класу, тобто є приміщенням без підвищеної небезпеки, у якому відсутні умови, що створюють підвищену та особливу небезпеку.

Згідно глави 1.7 – «Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом» – «ПУЕ», обладнання має основну ізоляцію струмопровідних частин, яка забезпечує захист від прямого дотику та подвійну, яка складається з основної та додаткової ізоляції, для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження основної ізоляції.

Відповідно до вимог п. 6.7.4. НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» усі доступні для доторкання металеві деталі електрообладнання у приміщенні з ПК, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, з'єднані з заземлюючим пристроєм.

Оскільки робоче місце оператора АСУТП за ступенем небезпеки ураження електрострумом належить до 1-го класу, тому відповідно до вимог п. 6.7.6 НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» та додатку №1 до НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ» користувачі ПК пройшли інструктаж з електробезпеки з оформленням в журналі інструктажу та мають I групу з електробезпеки.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними, яка відповідає нормованим значенням (площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м<sup>2</sup>, а об'єм не менше ніж 20,0 м<sup>3</sup>). Поверхня підлоги є рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» для робітників із застосування ЕОМ, передбачені регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години, а також обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження передбачені пристрої для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою

Для запобігання кістково-м'язових порушень робочі місця користувачів ПК оператора АСУТП відповідають ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Висота робочої поверхні столу з ПК регулюється в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: ширина - 600-1400 мм, глибина - 800-1000 мм). Робочий стіл має простір для ніг висотою 600 мм, шириною - 500 мм, глибиною (на рівні колін) - 450 мм, на відстані витягнутої ноги - 650 мм.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для робочого місця оператора, обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні

правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Робоче місце оператора АСУТП обладнаному ПК з екранним пристроєм (далі – «ЕП»), згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі. Метеорологічні умови для приміщенні з комп'ютеризованими робочими місцями – температура, відносна вологість та швидкість переміщення повітря цілком відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Роботи у приміщенні з ПК, належать до категорії Іб – легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у теплий період року: температура 22 – 24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у холодний період року: температура 21 – 23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с.

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і посадових обов'язків оператора АСУТП у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ сформовані Заходи по забезпеченню безпеки праці.

Приміщення, у якому здійснюються заходи пов'язані з виконанням посадових обов'язків та проведенням досліджень та розрахунків (розробкою,

модернізацією, удосконаленням, тощо), є спеціалізованим, яке обладнане ПК з ВДТ.

Основними причинами недостатньої або надмірної освітленості робочих місць є несправність або хибний вибір освітлювальних приладів, неправильне розташування робочих місць по відношенню до джерел освітлення.

Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє або надмірне освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі.

## ВИСНОВОК

Метою виконання кваліфікаційної роботи є автоматизація прямої мережевої води рециркуляційної системи. В ході реалізації поставленої задачі розглянуто опис технологічної рециркуляційної системи. На основі цих знань була розроблена схема інформаційних потоків.

Проаналізовано існуючий рівень автоматизації на підприємстві. Розроблено технічне завдання з вимогами до системи, що проєктується. В даному розділі були виділені: основні рівні управління та обробки інформації, необхідні рішення для ПТК, необхідні режими управління системою, визначені необхідні вимоги до безпеки та необхідність резервування інформації.

У проєкті обрані необхідні прилади автоматизації для реалізації поставленої задачі та умов експлуатації. В якості контролера обрано Siemens S7-300, який підходить під систему автоматизації своїми можливостями.

На основі даних розраховано та підібрано необхідний регулюючий орган та виконавчий механізм.

В розділі техніки безпеки та охорони праці проаналізовані небезпечні фактори пов'язані з роботою по обслуговуванню даної системи. Та знайдені рішення по зменшенню впливу небезпечних факторів на здоров'я оператора.

Під час аналізу техніко-економічних показників, підібрана необхідна кількість та кваліфікація персоналу. Виконаний розрахунок балансу часу роботи, річного фонду заробітної плати та середньої плати за місяць. Приведена загальна сума капіталовкладень для реалізації спроектованої системи автоматизації, розрахований економічний ефект та економічна ефективність для даної системи автоматизації. Визначено строк окупності та рентабельність проєкту.

## ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України: Закон України від 26.06.1996 р. № 254к/96-ВР  
Редакція від: 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#>. (дата звернення)
2. Закон України «Про охорону праці» : Закон України № 2694-ХІІ від 14.10.1992 р. Редакція від 19.08.2022. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12>.
3. ГОСТ 12.0.003-74\* Система стандартів безпеки труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Введ. 1976-01-01]. М. : Госстандарт СССР, 1974. 4 с.
4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с.
5. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>.
6. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с. Режим доступу: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.
7. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. К. : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Правила)
8. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01]. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
9. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3

7.4 7.6 Правил устро́йства електроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р. ; чинний від 2002-01-01]. К. : Мінпраці України, 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01/card2#Card>.

10. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30]. К. : МВС України, 2014. 91 с.

11. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [На заміну НАОП 1.1.10-1.01-85 ; чинний з 1997-10-06]. К. : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с.

12. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [На заміну ДНАОП 0.00.1.21-84 ; чинний з 1998-01-09]. К. : Мінпраці України, 1998. 89 с.

13. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>.

14. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. К. : МОЗ України, 1999. 106 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

16. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

17. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016]. К. : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с.

18. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.

19. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с.
20. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01]. К. : Мінрегіон України, 2014. 191 с.
21. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с.
22. Автоматика и автоматизация технологических процессов: Підручник / Т.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. – К.: Лебідь, 2017. 232 с.
23. Авраменко В.С., Авраменко А.С. Проектування інформаційних систем: навчальний посібник / В.С. Авраменко, А.С. Авраменко. – Черкаси: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2017. 434 с.
24. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: справочник/ Под ред. Тимофеева Б.Б. Киев: Техника, 1983. 351 с.
25. Анзимиров Л. В. SCADA TRACE MODE – новые технологии для современных АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2007. № 4. 113 с.
26. Берсенев И. С.. Автоматика опалювальних казанів і агрегатів. Стройиздат. 2016. 233 с.
27. Ветров И.В. CoDeSys – повседневный инструмент программиста ПЛК// Автоматизация в промышленности, № 8, 2012. 45 с.
28. Вимоги до ергономіки та технічної естетики. URL: <http://wikipage.com.ua/1x400f.html> (дата звернення: 13.11.2022).
29. Волков М.А., Волков В.А., Левин Л.Я. Монтаж, наладка і експлуатаці автоматики газифікованих котелень. – К., 2015. 240 с.
30. Герасименко І.Е., Герасименко А.І., Герасименко В.І. Довідник інженера по пуску, наладки і експлуатації котельних установок. – К.: Техника, 2016. – 335 с.
31. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник/



І.В.Ельперін – К.: НУХТ, 2013. 320 с.

32. Зиков А.К. Парові і водогрійні котли. – К., 2017. 128 с.

33. Інформаційне забезпечення моніторингу об'єктів теплоенергетики: Монографія / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Берегун та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака / - К., 2015. – 512 с.

34. Каминский В. М. Монтаж систем автоматизації котельних. – К.: Енергія, 2017. 256 с.

35. Кисельов Н.А. Котельні установки. – К.: Вища школа, 2015. 280 с.

36. Кустов К.І., Шершевер М.А. Автоматичне регулювання і регулятори. – М.: Металургія, 2017. 180 с.

37. Манько О. О. Методичні вказівки та завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «Основи проєктування систем автоматизації» за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології» для студентів заочної форми навчання. Рівне, 2012. 40 с.

38. Манько О. О., Кутя В. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічної роботи з дисципліни «Основи проєктування систем автоматизації» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології». Рівне, 2010. 31 с.

39. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади: Метод.вказівки до вик. курс. проєкту для студ. спец. 7.092501 «Автоматизоване управління технологічними процесами» та 7.092502 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: К.С. Архангельська, О.Й.Рішан. – К.: НУХТ, 2005. 223 с.

40. Методичні вказівки до практичних занять з кредитного модуля «Електричні системи керування» навчальної дисципліни «Технічні засоби автоматизації – 2» для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» по спеціалізації «Автоматизація хімікотехнологічних процесів і виробництв» [Текст] / Укладач, В. М. Ковалевський, // – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. 60 с.

41. Метрологія, інформаційно – вимірювальна техніка та цифрова обробка сигналів. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/05/5.pdf> (дата звернення: 13.11.2022).

42. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: методичні вказівки до курсового проєкту для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» /Ніколаєнко А.М.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 34 с.

43. Мочалін В.Н., Кочнев Н.В. Моделювання та дослідження систем авто-тичних управління з використанням ПЕОМ: Учеб. посібник. – Череповець: ЧГП, 2005. 178 с.

44. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Мітюк. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. 448 с.

45. Основи проєктування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. 67 с.

46. Проєктування систем керування: конспект лекцій для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» / Уклад.: М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленський, – К.: НТУУ «КПІ», 2015. 279 с.

47. Промислові мікропроцесорні мережі. URL: <http://um.co.ua/8/8-11/8-110801.html> (дата звернення: 15.11.2022).

48. Рішан О.Й. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади: Курс лекцій для студентів спеціальностей: 7.092501 «Автоматизоване управління технологічними процесами» та 7.092502 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» ден. та заочн. форм. навчан. – К.: НУХТ, 2007. 162 с.

49. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 2015. 80 с.

50. Автоматизація системи відновлення електроенергії від вторинних джерел на базі елементів штучного інтелекту / В. О. Топорков, С. В. Жовтік, В. М. Коломієць, та ін. // Електротехніка та електромеханіка. № 5, 2018. 50 с.

51. Automation of Water Treatment Plant for Power Generation Plants / S. Ashwin, B. N. Raghunandan, M. V. Venkatesh. – International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2018.

52. Development of an Intelligent Control System for the Water Treatment Process in Thermal Power Plants / J. Zhao, C. Wang, H. Chen, X. Yu. - Water, 2019.

53. Optimization of Chemical Dosing in a Thermal Power Plant Water Treatment Process Using Artificial Neural Networks / Y. Yu, W. Zhang, X. Wang, H. Wang. - Energies, 2019.

54. Advanced Control Strategies for Water Treatment Processes in Power Generation Plants / M. M. S. Gomes, M. D. M. Dantas, L. M. Camara. – Journal of Control, Automation and Electrical Systems, 2020.

55. AI-based Optimization of Water Treatment Processes for Thermal Power Plants / S. Zhang, Y. Guo, C. Zhang, H. Chen. – Applied Sciences, 2021.