

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(назва факультету)

Автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованої системи  
диспетчеризації теплопостачання житлового масиву

Виконали: студенти 6 курсу, групи КАм-61

Крючков В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Стецик М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

спеціальності

151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані  
технології”

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Керівник

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Козбур І.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Микитишин А.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

## Анотація

Розробка та дослідження автоматизованої системи диспетчеризації теплопостачання житлового масиву. Дипломна робота. Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». ТНТУ ім. Івана Пулюя м. Тернопіль 2019р.

В дипломній роботі розроблено систему автоматизованого управління системою теплопостачання мікрорайону. Зокрема автоматизовано роботу індивідуальних теплових пунктів та котельні із застосуванням новітніх технічних засобів. Це дозволить підвищити оперативність та достовірність одержуваної інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання тепломережі, документування технологічної та діагностичної інформації. Крім цього це призведе до зниження відмов та простоїв устаткування, скорочення часу і витрат на його ремонт завдяки запобіганню аварійних ситуацій.

Була вирішена проблема автоматизації регулювання вмісту кисню в димових газах і співвідношення подачі газу та кисню на вході котла. Виконано вибір програмного комплексу управління та застосовано сучасні ПЛК. Здійснено розрахунок витрат на впровадження системи автоматизації технологічного процесу.

## Зміст

Анотація .....	4
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Загальні відомості про котельні установки.....	10
1.2 Опис технологічної схеми.....	12
1.3 Тепловий баланс котельного агрегату .....	21
1.4 Схема автоматизації газового котельного агрегату.....	23
1.5 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу на основі програмного комплексу SCADA .....	25
2 Технологічна частина .....	26
2.2 Вибір датчиків вмісту кисню в димових газах .....	26
2.3 Вибір виконавчих елементів системи. ....	34
2.3 Програмування контролера для регулювання подачі повітря в топку котла.....	36
2.4 Розрахунок показників надійності системи контролю подачі повітря..	46
3 Конструкторська частина .....	49
3.1 Склад автоматизованої системи керування індивідуального теплопункту .....	49
3.2 Основні поняття та терміни програмно-апаратного забезпечення робочого місця оператора.....	50
3.3 Загальні принципи побудови інтерфейсу оператора .....	52
3.4 Умовні позначення, кольорове кодування.....	54
3.5 Автоматизація технологічного процесу котельної.....	57
3.6 Дистанційне керування роботою котлів. ....	61
3.7 Відображення стану технологічного обладнання індивідуальних теплових пунктів .....	65

3.8 Вікна стану обладнання споруд з індивідуальними тепловими пунктами з контуром опалення .....	67
3.9 Програмування контролера для управління контуру опалення та гарячого водопостачання.....	70
4 Науково-дослідна частина.....	88
5 Спеціальна частина. Використання засобів САПР.....	101
6 Техніко-економічне обґрунтування .....	112
6.1 Розрахунок вартості монтажу оптичних кабельних мереж системи ...	112
6.2 Економічне обґрунтування розробки та впровадження програми .....	121
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	127
7.1 Заходи з охорони праці при обслуговуванні котельного обладнання...	127
7.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	136
8 Екологія.....	148
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	148
8.2 Викиди котелень.....	149
8.3 Заходи по зменшенню негативного впливу викидів котелень на довкілля .....	152
Висновки: .....	157
Бібліографія.....	158

## Вступ

Теплопостачання міст здійснюється як централізованими так і локальними системами теплозабезпечення. Основна потужність припадає на централізовані системи. Термін експлуатації більшості котелень у великих містах України перевищує 20 років. Майже 40% котелень експлуатують малоефективні застарілі котли типу НІІ СТу-5 та інші, реальний ККД яких не перевищує 65-70%. Аналогічна ситуація на теплових магістральних та розподільчих мережах, де рівень втрат тепла досягає 30%. На багатьох центральних та індивідуальних теплових пунктах, які забезпечують потреби систем опалення та гарячого водопостачання застосовуються застарілі кожухотрубні водопідігрівачі з низьким коефіцієнтом теплопередачі. Майже 40% теплових пунктів перебувають у критичному стані, що призводить до збоїв у гарячому водопостачанні. У більшості систем гарячого водопостачання не функціонують системи рециркуляції.

На сучасному етапі розвитку існує проблема стабільного енергозабезпечення населення, яка вимагає посилення ефективності використання енергоресурсів.

На сьогодні теплопостачання є однією з найбільш енерговитратних підгалузей житлово-комунального господарства. Враховуючи постійне зростання цін на енергоресурси, особливо на природний газ та електроенергію, постає необхідність реформування теплоенергетики міст, шляхом заміни морально застарілого та вже фізично зношеного устаткування на сучасне обладнання та впровадження новітніх технологій в сфері автоматизації.

На даному рівні розвитку потужність газових котлів безперервний розвиток і вдосконалення сучасних котельних установок, обладнаних складними агрегатами, оснащеними різного роду механізмами, підвищують

вимоги до засобів автоматизації які дистанційно управляють котлом. Широке використання засобів автоматизації забезпечує підвищення продуктивності праці, досягнення стабільно високої якості продукції і збільшення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів.

Виходячи із вище зазначеного можна зробити висновок, що поряд із важливими завданнями автоматизації не менш важливу роль відіграє питання автоматичного регулювання процесу горіння, оскільки автоматизація технологічного процесу дозволяє економити до 30% палива.

Загальною метою проекту є підвищення надійності роботи комунальних підприємств, зменшення енергоємності та поліпшення якості надання послуг з тепlopостачання мешканцям міст, шляхом реалізації інноваційних рішень.

## **1 Аналітична частина**

### **1.1 Загальні відомості про котельні установки**

Водогрійний котел разом з допоміжними пристроями, які являють собою різноманітні апарати, призначені для перетворення хімічної енергії палива в теплову енергію, називається котлоагрегатом.

Декілька котлоагрегатів, об'єднаних в загальному приміщенні, утворюють котельну установку.

Котельна установка може складатись із одного котлоагрегата.

Основними елементами котлоагрегату являються котел, топка, економайзер, повітрянагрівач, а також обмуровка і каркас.

Для керування роботою котельного агрегату і забезпечення нормальної і безпечної експлуатації він постачається контрольно-вимірjuвальними приладами, автоматами і арматурою. Сюди відносяться: манометри, запобіжні клапани і пристрої, водовказівні пристрої, вентилі і заслінки, які служать для підключення або відключення котлоагрегатів від живильних і спускних трубопроводів.

Топка і газоходи котла забезпечуються гарнітурою, в склад якої входять: фронтів двеці, пристрій для спостереження, лази і шибери в газоходах, люки для продувки котлоагрегата від сажи і золи, вибухові запобіжні клапани.

Допоміжними пристроями котлоагрегату є: живильні трубопроводи, повітряпроводи, живильні насоси і баки, обладнання водопідготовки, вентилятори і димососи, золовловлювачі, димова труба, склади для палива, пристрої для подачі палива, видалення золи і шлаків.

Робочими тілами, що приймають участь в процесі отримання гарячої води для виробничо-технічних цілей і опалення, служать вода, паливо і повітря.

Водогрійний котел являється основним елементом котлоагрегата, він являє собою теплообмінний пристрій, через металеві стінки якого йде передача тепла від гарячих продуктів горіння палива до води.

Продуктивність котельної установки або її потужність являє собою суму виробничих окремих агрегатів, що входять в її склад.

Топковий пристрій котлоагрегату служить для спалювання палива і перетворення його хімічної енергії в тепло найбільш економічними способом.

Водний економайзер служить для підігріву живильної води, що надходить в котел, теплом вихідних із котла газів.

Нагрівач повітря призначений для підігріву повітря, що надходить в топковий пристрій, теплом вихідних газів.

Пристрій для підготовки живильної води складається із апаратів і засобів, які забезпечують очистку води від механічних домішок і розчинених в ній некип'ятоутворюючих солей, а також витіснення з неї газів.

Живильна установка складається із живильних насосів для подачі води в котел під тиском, а також відповідних трубопроводів.

Тяго-нагнітальний пристрій складається із нагнітальних вентиляторів, системи газо-повітряводів, димососу димиової труби, які забезпечують подачу необхідну кількість повітря в топковий пристрій, рух продуктів згорання по газоходам і видалення продуктів згорання за межі котлоагрегату.

Пристрій теплового контролю і автоматичного управління складається із контрольно-вимірювальних пристроїв і автоматів, що забезпечують безперебійну і злагожену роботу окремих пристроїв котельної установки для виробітку необхідної кількості води певної температури і тиску.



## 1.2 Опис технологічної схеми

Газ з магістрального трубопроводу надходить в газорегуляторний пункт (ГРП) котельної. Газорегуляторний пункт призначений для зниження й підтримки тиску газу, що надходить з мережі, в заданих межах, а також для повного автоматичного вимикання газу в потрібних випадках. Після ГРП газ розподіляється на котли.

Газорегуляторний пункт обладнується:

- фільтром, для очищення газу від механічних домішок;
- запобіжним запірним клапаном, для повного автоматичного вимикання газу при підвищенні чи зниженні тиску газу за регулятором;
- регулятором тиску, для автоматичного зниження тиску газу і підтримання його на певному рівні незалежно від зміни витрат газу на котли й коливань тиску вхідному газопроводі;
- обліковим пристроєм для реєстрації витрати газу;
- запобіжним скидним пристроєм для скидання певного об'єму газу в атмосферу при можливих короточасних підвищеннях його тиску за регулятором;
- обвідним газопроводом (байпас), для пропускання в необхідних випадках газу поза устаткуванням;
- манометрами для вимірювання тиску газу у вхідному та вихідному газопроводах, до і після фільтру, в обвідному газопроводі;
- запірними пристроями.

Безпосереднє спалювання газу здійснюється пальниками. Пальники також проводять підготовку газоповітряної суміші для спалювання.

Для забезпечення нормальної роботи котла треба подавати необхідний об'єм повітря на горіння, створювати певну швидкість руху газового потоку, видаляти з топки продукти горіння. Рух повітря і димових газів трактами

котельного агрегату здійснюється внаслідок природної тяги або тягодуттєвими пристроями – вентиляторами та димососами, які створюють штучну тягу. Вентилятор наддуву подає в топку повітря, долаючи опір повітропроводів. Димососи висмоктують продукти згорання з газоходів і подають у димову трубу.

Повітря для горіння забирають безпосередньо з котельної або ззовні, щоб у приміщенні не створювалося розрідження. Для покращення процесу горіння повітря попередньо підігрівають в повітропідігрівниках.

У топці відбувається спалювання палива і передавання частини теплоти, одержаної при цьому, воді. Теплота в топці передається випромінюванням від факела.

Співвідношення між паливом і повітрям є строго визначеним. Теоретично необхідний об'єм повітря для згорання – це мінімальний об'єм повітря  $V_0$ , при якому можливе повне згорання маси або об'єму палива. Теоретично необхідний об'єм повітря залежить від складу палива. Для повного згорання  $1\text{ м}^3$  природного газу такий об'єм становить 9.5.

Якщо в процесі горіння бере участь більше повітря, ніж теоретично потрібно, в продуктах згорання залишається кисень і азот надлишкового, яке не брало участь в горінні, а також водяна пара, що міститься у газовому паливі та повітрі.

Практично для горіння подається більше повітря ніж теоретично необхідно, оскільки в пальникових пристроях і топках не вдається створити ідеальні умови для змішування палива з повітрям. Щоб спалити все паливо, подають надлишок повітря, який у процесі горіння участі не бере й виводиться з топки з продуктами згорання. Реальна витрата повітря на  $1\text{ кг}(\text{м}^3)$  палива:

$$V = a \times V_0 ,$$

де  $a$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Потрібний надлишок повітря залежить від виду палива способу його спалювання та конструкції топки. Чим нижчий коефіцієнт надлишку повітря, тим економніше протікає процес горіння. Залежно від конструкції котельного агрегату коефіцієнт надлишку повітря може змінюватися в міру піднімання газів по тракту до димаря. Це пояснюється нещільностями в конструкції котла, наявності розрідження або надлишкового тиску в газоході. Коефіцієнт надлишку повітря вибирають залежно від виду палива й типу пального пристрою. Для різних котлоагрегатів оптимальні значення коефіцієнта знаходяться в межах 1,05..1,25.

Вода для котлів проходить спеціальну підготовку. Від якості підживлюючої та мережевої води залежить надійність роботи поверхонь нагрівання котельних агрегатів та системи тепlopостачання. Показниками якості води є: прозорість, тобто вміст речовин, які легко видаляються при механічному фільтруванні; сухий залишок – вміст мінеральних та органічних домішок після випарювання; жорсткість – вміст солей кальцію та магнію; лужність – вміст у воді аніонів  $\text{HCO}_3^-$  (бікарбонатів)  $\text{CO}_3^{2-}$  (карбонатів) та  $\text{OH}^-$  (гідратів); вміст агресивних газів ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ). Основним завданням підготовки води в котельних є боротьба з корозією та накипом. Корозія поверхонь нагрівання котлів, підігрівачів та трубопроводів теплових мереж викликається киснем та вуглекислою, які проникають в систему разом з підживлюючою водою.

Джерелами водопостачання котелень можуть бути поверхневі води рік, озер, штучних водосховищ, а також підземні води артезіанських свердловин.

Вибір методу обробки води для теплових мереж визначається вимогами до якості підживлюючої води і залежить від системи тепlopостачання – закрита або відкрита і від якості вихідної води. При підігріві мережевої води в водогрійних котлах для відкритих або закритих систем тепlopостачання необхідно знизити карбонатну жорсткість підживлюючої води до 0.7 мг-екв/кг.

Для забезпечення надійності роботи котельних обов'язковим є видалення із води розчинених в ній корозійно-активних газів – кисню та вільної вуглекислоти. Ці гази викликають корозію поверхонь нагрівання і трубопроводів котельних і теплових мереж. Нормами встановлено, що вміст кисню в мережевій воді не повинен перевищувати 0.05 мг/кг. Деаерація води ґрунтується на підвищенні її температури до кипіння, при якому проходить виділення газів з води.

Принципова тепла схема котельної з водогрійними котлами подана на рис. 1.1.

Вода із зворотньої лінії теплових мереж з невеликим напором (20-40 мм.вод.ст.) надходить до мережевих насосів 2. Туди ж підводиться вода від підживлюючих насосів 5, яка компенсує втрати води в теплових мережах. До насосів 1 та 2 подається і гаряча мережева вода, теплота якої частково використана в теплообмінниках для підігріву хімічноочищеної 8 та сирій води 7.

Для забезпечення температури води перед котлами, що задана по умовам попередження корозії, в трубопровід за мережевим насосом 2 подають необхідну кількість гарячої води, яка вийшла із водогрійних котлів 1. Лінію, по якій подають гарячу воду, називають рециркуляційною. Вода подається рециркуляційним насосом 3, що перекачує нагріту воду. При всіх режимах роботи теплової мережі, окрім максимального зимнього, частина води із зворотньої лінії після мережевих насосів 2, минаючи котли, подають по лінії перепуску в кількості  $G_{пер}$  в подаючу магістраль, де вода, змішуючись з гарячою водою із котлів, забезпечує задану розрахункову температуру в подаючій магістра лі теплових мереж. Добавка хімічно очищеної води підігривається в теплообмінниках 9, 8 і 11 та деаерується в деаераторі 10. Воду для підживлення теплових мереж із баків 6 забирає підживлюючий насос 5 і подає у зворотню лінію.

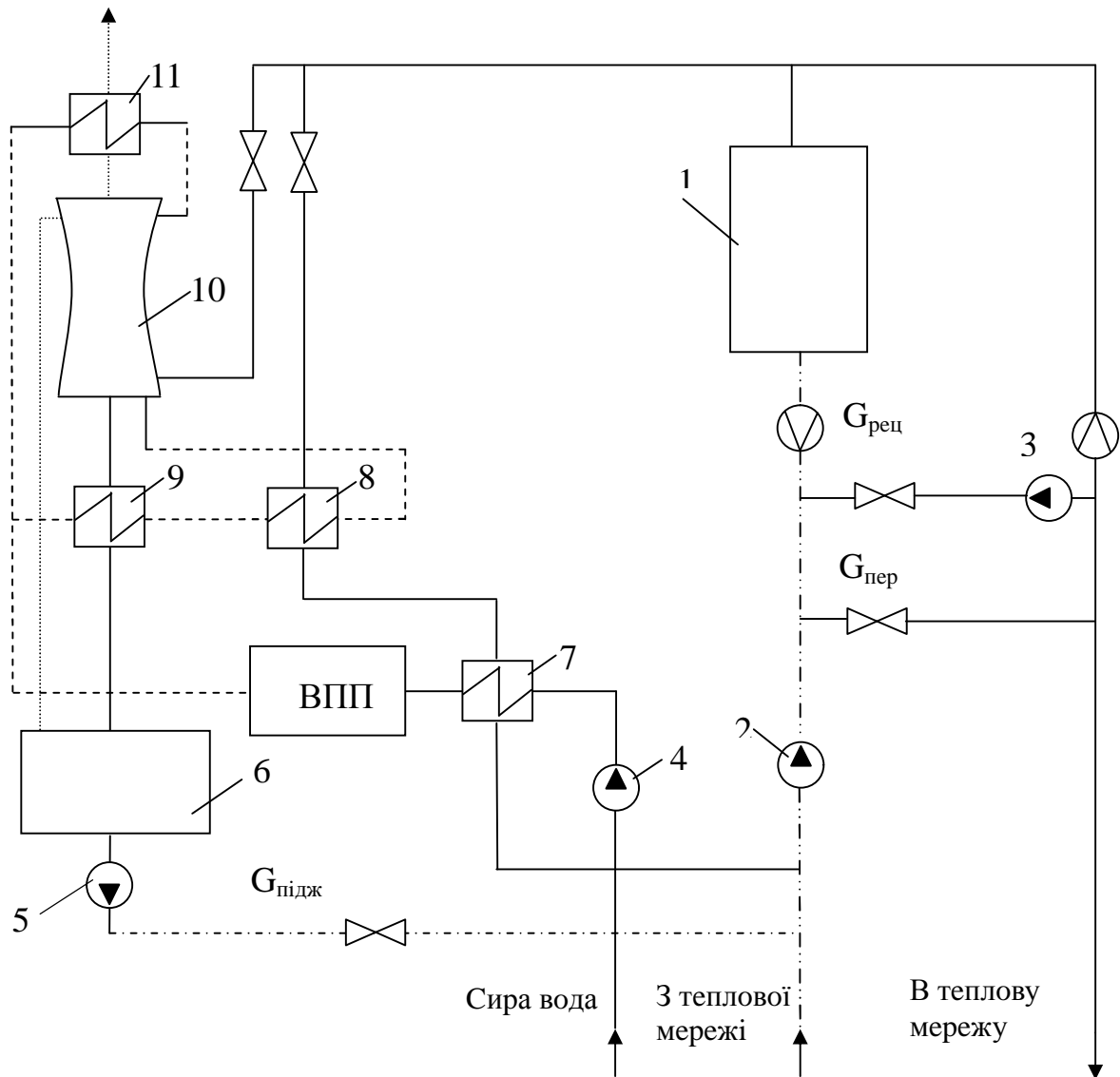


Рисунок 1.1 - Принципова тепла схема котельної з водогрійними котлами.

Позначення на схемі:

————— пряма вода

- - - - - зворотна вода

..... холодна вода

1-котел водогрійний;

2-насос мережевий;

3- насос рециркуляційний;

4- насос сирій води;

5- насос підживлюючої води;

6- бак підживлюючої води ;

7- підігрівач сирій води;

8- підігрівач хімічно очищеної води;

9- охолоджувач підживлюючої води; 10- деаератор;

Котельня призначена для постачання гарячою водою житлових та інших споруд для потреб опалення, вентиляції і гарячого водопостачання. Теплові навантаження котельної з врахуванням втрат в зовнішніх мережах при максимально холодному режимі наступні: на опалення та вентиляцію 45 Гкал/год; на гаряче водопостачання 15 Гкал/год. Теплові мережі працюють по температурному графіку 150-70 °С. Розрахункова мінімальна температура зовнішнього повітря –26°С. Підігрів сирі води перед хімводоочищенням прийнятий до 20°С – від 5°С зимою і 15 °С літом. Деаерація води проходить в деаераторі при атмосферному тиску.

Відпуск теплоти на опалення і вентиляцію  $Q_{O.B} = 45 \text{ Гкал/год}$ . Відпуск теплоти на гаряче водопостачання  $Q_{Г.В.} = 15 \text{ Гкал/год}$ , що дає загальну теплопродуктивність котельної  $Q_K = 60 \text{ Гкал/год}$ .

Розрахункова витрата мережевої води для потреб опалення і вентиляції складе

$$G_{O.B} = \frac{Q_{O.B}}{i_{Г.С} - i_{В.С}} = \frac{45 \times 10^3}{150 - 70} = 562 \text{ т/год.}$$

Розрахункова годинна витрата води для потреб гарячого водопостачання

$$G_{Г.В.}^{СПОЖ} = \frac{Q_{Г.В.}}{i_{Г.В} - i_{В.В}} = \frac{150 \times 10^3}{60 - 5} = 273 \text{ т/год.}$$

При застосуванні в абонентів змішаної схеми підігріву води для гарячого водопостачання використовується теплота зворотної мережевої

води після систем опалення та вентиляції. Розрахунком перевіряється температура зворотної мережевої води після місцевих теплообмінників гарячого водопостачання, яка рівна:

$$t_{\Phi_B} = t_{\Phi_C} = t_{\Phi_B} - \frac{G_{Г.В}^{СПОЖ} (i_{Г.В} - i_{\Phi_B})}{G_{з.В} \times \eta_{ПД} \times c_B} = 70 - \frac{273 \times 55}{562 \times 0,98 \times 1} = 42,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Сумарна розрахункова погодинна витрата мережевої води :

$$G = G_{О.В} + G_{Г.В} = 562 + 0 = 562 \text{ м / год}.$$

Витрата води на підживлення при втратах 2% в теплових мережах:

$$G_{ПДЖ} = 562 \times 0,02 = 12 \text{ м / год}.$$

Температура хімічно очищеної води після теплообмінника – охолоджувача підживлюючої води 9, що встановлений після деаератора 10:

$$t_{\Phi_{ХОВ}} = \frac{G_{ПДЖ}}{G_{\Phi_{ХОВ}} \times c_B} (i_{\Phi_{ПДЖ}} - i_{\Phi_{ПДЖ}}) \times \eta_{ПДЖ} + t_{ХОВ},$$

де  $G_{\Phi_{ХОВ}} = 10$  т/год – попередньо прийнята витрата хімічно очищеної води;  $c_B = 1$  ккал/год;

$$t_{\text{ХОВ}} = \frac{12}{10 \times 1} (104 - 70) \times 0,98 + 18 = 58^{\circ}\text{C}.$$

Задаючись витратою гріючої води  $G_{\text{ГР}}^{\text{ПДЖ}} = 6 \text{ м/год}$  і температурою на виході з підігрівача наступної ланки підігріву хімічно очищеної води  $t_{\text{Ф}} = 108^{\circ}\text{C}$ , визначають температуру води, що надходить в деаератор:

$$t = \frac{G_{\text{ГР}}^{\text{ПДЖ}}}{G_{\text{ХОВ}} \times c_B} (i_{\text{ГР}} - i_{\text{Ф}}) \eta_{\text{ПДЖ}} + t_{\text{ХОВ}} = \frac{6}{10 \times 1} (150 - 108) \times 0,98 + 52 = 82,7^{\circ}\text{C}.$$

З врахуванням підрахованих величин, температура сирії води перед хімоводоочищенням:

$$t = \frac{G_{\text{ГР}}^{\text{ПДЖ}}}{G_{\text{СВ}} \times c_B} (i_{\text{ГР}} - i_{\text{Ф}}) \eta_{\text{ПДЖ}} + t_{\text{СВ}} = \frac{6}{15 \times 1} (108 - 70) \times 0,98 + 5 = 19,9^{\circ}\text{C}.$$

Витрата гріючої води на деаераторну установку визначається із рівняння теплового балансу:

$$G_{\text{ПДЖ}} \times i_{\text{ПДЖ}} = G_{\text{ХОВ}} \times i_{\text{ХОВ}}^{\text{Д}} + G_{\text{ГР}}^{\text{Д}} \times i_{\text{ГР}} ;$$

$$12 \times 104 = 10 \times 82,7 + G_{\text{ГР}}^{\text{Д}} \times 150$$

$$G_{\text{ГР}}^{\text{Д}} = 2,8 \text{ м/год}.$$

При складанні балансу кількості води в котельній установці величину  $G_{\text{ГР}}^{\text{Д}}$  необхідно враховувати при визначенні витрати води на підживлення теплових мереж. Витрата хімічно очищеної води на підживлення буде:



$$G_{\text{ХОВ}} = G_{\text{ПДЖ}} - G_{\text{ГР}}^{\text{Д}} = 12 - 2,8 = 9,2 \text{ м / год}$$

При температурі зворотної води  $t_{\text{в}} = 42,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  для отримання температури на виході  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  потрібна така витрата води на рециркуляцію:

$$G_{\text{ПЕР}} = \frac{G \times (i_{\text{в}} - i_{\text{г}})}{i_{\text{г}} - i_{\text{в}}} = \frac{750 \times (70 - 42,6)}{150 - 42,6} = 191,3 \text{ м / год}.$$

Для режиму максимальної теплопродуктивності витрата води в перепускную лінію відсутня:

$$G_{\text{ПЕР}} = \frac{G(i_{\text{в}} - i_{\text{г}})}{i_{\text{г}} - i_{\text{в}}} = \frac{562 \times (150 - 150)}{150 - 42,6} = 0 \text{ м / год}.$$

Для перевірки вірності виконаного розрахунку теплової схеми потрібно скласти баланс кількості води для всієї котельної установки.

Витрата води через зворотній трубопровід мережевої води:

$$G_{\text{ЗВОР}} = G - G_{\text{ПДЖ}} = 562 - 12 = 550 \text{ м / год},$$

а розрахункова витрата води через котли буде :

$$G_{\text{к}} = G_{\text{ЗВОР}} + G_{\text{ПДЖ}} + G_{\text{ГР}}^{\text{ПДЖ}} + G_{\text{РЕЦ}} = 550 + 12 + 6 + 191,3 = 759,3 \text{ м / год}.$$

Оскільки частина гарячої води після котлів йде на підігрівачі, в деаератор і на рециркуляцію, витрата води на виході із котельної:

$$G_{\Phi} = G_K^{\Phi} - G_{ГР}^{\Delta} - G_{ГР}^{ПДЖ} - G_{РЕЦ} = 759,3 - 2,8 - 6,0 - 191,3 = 557,4 \text{ м}^3/\text{год} .$$

Різниця між знайденими раніше та уточненими витратами води через котли незначна (<0,5%) тому даний розрахунок є закінченим.

### 1.3 Тепловий баланс котельного агрегату

Це рівність між кількістю теплової енергії, що надходить в агрегат, та сумою корисно використаної теплоти та теплових втрат.

Загальне рівняння теплового балансу:

$$Q_p^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 ;$$

$Q_p^P$  – кількість наявної теплоти;

$Q_1$  – кількість корисно використаної теплоти ;

$Q_2$  – втрати теплоти з вихідними газами ;

$Q_3$  – втрати теплоти через хімічну неповноту згоряння ;

$Q_4$  – втрати через механічну неповноту згоряння;

$Q_5$  – втрати від зовнішнього охолодження котельного агрегату;

$Q_6$  – втрати із винесенням шлаку.

Зазвичай втрати виражають у вигляді частки від наявної теплоти :

$$\frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = q_2 ; \quad \frac{Q_3}{Q_1} \times 100 = q_3 \text{ і т.д.}$$

При використанні газового палива немає втрат через механічну неповноту згорання  $q_4$  і втрат із винесенням шлаку  $q_6$ . Правильна організація процесу горіння й грамотна експлуатація котельного агрегату, що працює на газовому паливі, обумовлюють відсутність втрат теплоти через хімічну неповноту згорання  $q_3$ . В котлоагрегатах, що працюють на газовому паливі відбуваються лише втрати з відхідними газами  $q_2$  та від зовнішнього охолодження  $q_5$ , причому переважають втрати  $q_2$ . Втрати  $q_2$  обумовлюються об'ємом і температурою продуктів згорання. При зниженні цих параметрів зменшуються втрати теплоти з відхідними газами. Об'єм і температуру відхідних газів можна знизити внаслідок здійснення таких заходів: організації процесу горіння з оптимальним коефіцієнтом надлишку повітря; зниження об'єму засмоктування холодного повітря; запобігання забрудненню зовнішніх та внутрішніх поверхонь нагрівання.; підтримання нормального режиму навантаження агрегату; інтенсифікація роботи конвективних поверхонь нагрівання розвитку хвостових поверхонь нагрівання в економічно виправданих розмірах.

Практично втрати теплоти з вихідними газами залежить від роботи кожного елемента котельного агрегату і загальної конструкції.

Коефіцієнт корисної дії агрегату брутто:

$$h_{K.A.}^{BP.} = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100, \text{ або } h_{K.A.}^{BP.} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6).$$

Дійсні витрати палива:

$$B = \frac{Q_1}{(Q_P^P \cdot h_{K.A.}^{BP.})}.$$

## 1.4 Схема автоматизації газового котельного агрегату

На рис. 1.2 подана схема автоматизації газового котельного агрегату. Схема автоматизації виконує наступні функції:

- регулювання витрати газу з корекцією по температурі води на виході з котла;
- регулювання витрати повітря, яке поступає в котел, по заданому співвідношенню витрати газу з корекцією витрати повітря за змістом кисню в димових газах;
- регулювання розрідження в котлі.

Для підвищення ефективності і ККД роботи котла необхідно використати в даній схемі аналізатор вмісту кисню в димових газах.

Автоматична система регулювання реалізована на двох програмованих мікропроцесорних багатofункціональних контролерах.

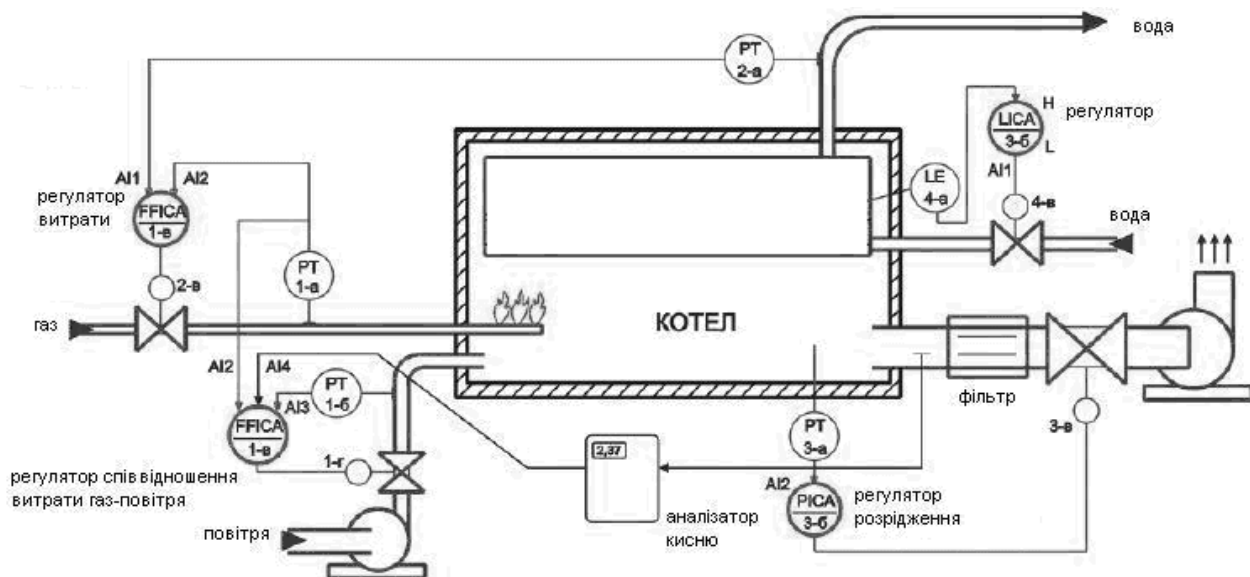


Рисунок 1.2 - Функціональна схема автоматизації газового котла

З апаратури вводу-виводу контролера № 1 використовуються:

1-й аналоговий вхід AI1 – температура води на виході з котла;

2-й аналоговий вхід AI2 - витрата газу

3-й аналоговий вхід AI3 - витрата повітря

4-й аналоговий вхід AI4 - вміст кисню в димових газах.

З апаратури вводу-виводу контролера № 2 використовуються:

1-й аналоговий вхід AI1 - витрата води через теплообмінник;

2-й аналоговий вхід AI2 - розрідження в котлі.

У програмах контролерів № 1 і № 2 встановлюються функціональні блоки регуляторів, що мають наступне призначення:

- FFICA (поз. 1-в) № 1 рег. 1 – ПД-імпульсний регулятор витрати газу з корекцією по тиску пари на виході з котла. Регулювання здійснюється з корекцією по температурі води на виході з котла. Іншими словами, коли температура води падає (або росте), відповідно регулятор збільшуватиме (зменшувати) тиск газу, який поступає на згорання.

- FFICA (поз. 1-в) № 1 рег. 2 – ПД-імпульсний регулятор витрати повітря, яке поступає в котел, по заданому співвідношенню витрати газу з корекцією витрати повітря за змістом кисню в димових газах.

- LICА (поз. 3-б) № 2 рег. 1 – ПД-імпульсний регулятор витрати води через теплообмінник.

- PICA (поз. 3-б) № 2 рег. 2 – ПД-імпульсний регулятор розрідження в котлі.

## **1.5 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу на основі програмного комплексу SCADA**

Автоматизована система диспетчеризації тепlopостачання (АСДТ) призначена для нагляду за станом технологічного обладнання індивідуальних теплових пунктів та котельні житлового мікрорайону і дасть можливість:

- забезпечити служби підприємства актуальними і достовірними даними про роботу обладнання;
- забезпечити оперативно-технологічний і управлінський персонал підприємства інформацією про хід технологічного процесу і поточний стан обладнання;
- контролювати вихід інструментальних і технологічних параметрів за граничні аварійні значення;
- створити передумови для організації єдиної системи WEB-доступу до технологічних параметрів та стану роботи обладнання;

## 2 Технологічна частина

### 2.2 Вибір давача вмісту кисню в димових газах

Вміст кисню у димових газах є доволі поширеним вимірюваним і регульованим параметром. Його часто використовують на підприємствах де є котли, промислові печі, парогенератори, сушки.

Це зумовлено тим, що щасто в камерах згорання використовують неправильну суміш кисню і пального, що призводить до неповного згорання пального і малої продуктивності. А також до викидів в атмосферу шкідливих речовин.

Проблема захисту навколишнього середовища від токсичних компонентів вихлопних газів промислових печей стає все більш актуальною. Широке застосування таких печей у всьому світі сприяло значному забрудненню відпрацьованими газами навколишніх районів.

Для оптимального згорання пального необхідно контролювати не тільки співвідношення газу і кисню в суміші згорання, але і концентрацію кисню в димових газах. Це дозволить збільшити коефіцієнт корисної дії котла і зменшити витрату газу.

Вимірювальний пристрій з зондом на основі двоокису цирконію ( $ZrO_2$ ) зображений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Давач для вимірювання вмісту кисню

Вимірювання вмісту кисню в димовому газі установок згорання і в інертних газах всіх видів в температурному діапазоні від 20 до 1400 °С.

Кожний датчик кисню складається з:

- вимірювального зонду, який реєструє вміст кисню безпосередньо в газоході;
- електронного блоку обробки результатів, який перераховує сигнал, що вимірюються, в нормований сигнал;
- електричних кабелів і пневматичних трубок (для 7MB1 943-6DF... до -6DK. тільки електричні сполучні кабелю).

Вимірювальні зонди кисню можуть оптимально підбиратися по виконанню, матеріалам і довжині відповідно до умов застосування, так щоб досягався тривалий термін служби і високий ступінь використання устаткування.



Є можливість видалення зонда від електронного блоку на відстань до 150 м, що забезпечує оптимальний монтаж компонентів системи.

#### ОХУТЕС ЕСОМОМУ

Система аналізу кисню ОХУТЕС ECONOMY (7MB1943-6DF) застосовується для малих і середніх пічних установок, які використовують як природний газ так і рідке паливо. Температури димового газу в місці відбору проби повинні бути менше 400 °С, а запиленість - незначна.

Довжини зонда 300 мм, 500 мм і 800 мм дають можливість оптимального узгодження по поперечному перетину газоходу.

Для температур димового газу до 1400 °С використовують спеціальний високотемпературний зонд, що вмонтований в охолоджуючу захисну трубу завдовжки до 1 м.

#### ОХІТЕС 5000

Система аналізу кисню ОХІТЕС 5000 (7MB1 943-6B) застосовується для топок котлів, парогенераторів, сміттєспалювальних печей та інших установок з сильною запиленістю та температурою димових газів до 600 °С.

Міцний зонд з головкою фільтру, захисною трубою і монтажною довжиною від 520 до 1865 мм дає можливість оптимальної настройки в будь-яких технологічних умовах.

Блок обробки результатів оснащений додатково пневматичним модулем за допомогою якого може проводитися ручне або автоматичне калібрування.

Для температур димового газу до 1400 С використовують високотемпературний зонд з охолоджуючою захисною трубою з довжинами 500 мм і 1000 мм.

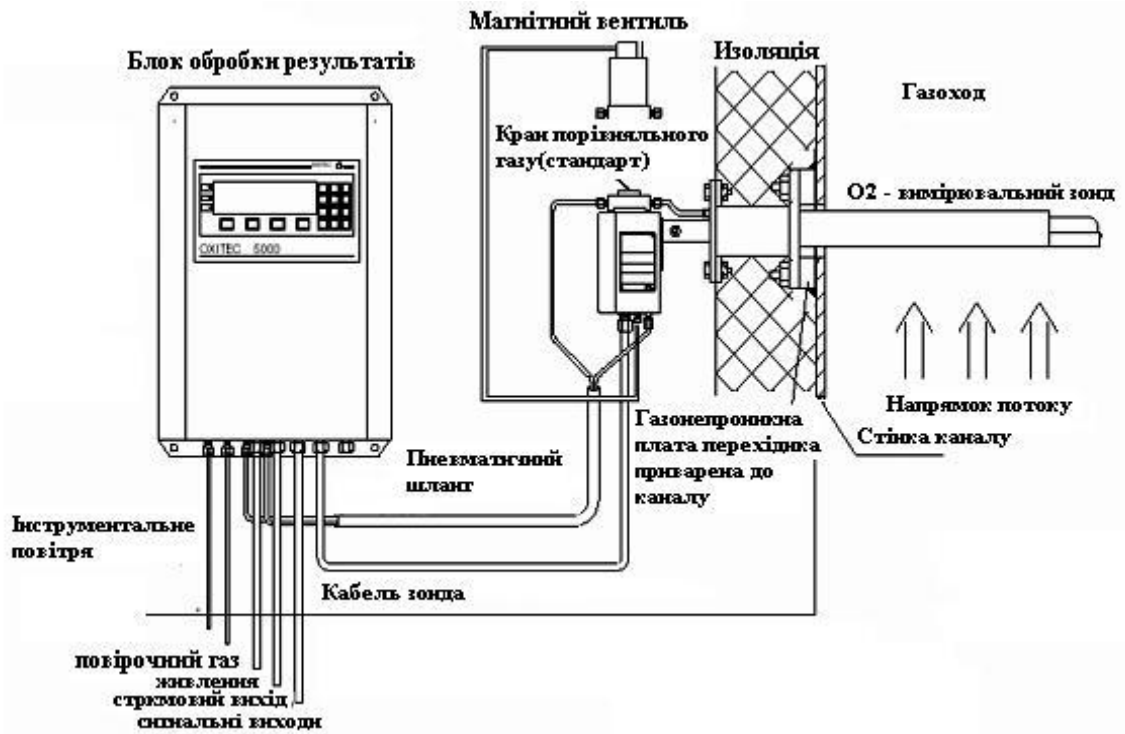


Рисунок 2.3 – Схема кріплення датчика кисню OXITEC 5000

Датчик кисню вимірює фактично дійсний вміст кисню в димових газах. Вимірювання проводиться безпосередньо в газоході, оскільки вимірювальний елемент встановлений на кінці вимірювального зонда. Існуючий вміст води в димовому газі, яке має вплив на фактичний вміст кисню, втягується при цьому так званому сирих методі у вимірювання. Сирий метод у відмінності від сухого методу дає занижене значення, оскільки цей метод відноситься до загального об'єму. Газ, що вимірюється, потрапляє через фільтр і досягає захищеного фільтром вимірювального елемента. З другого боку до вимірювального елемента постійно подається газ (повітря) для порівняння. Сам вимірювальний осередок є покритою з обох боків платиною, газонепроникну, впаяну в несучу трубу шайбу на основі двоокису цирконію ( $ZrO_2$ ). Цей вимірювальний осередок підігрівається на постійному рівні, молекули кисню іонізуються на шарі платини, проходять через електроліт від сторони вищого до сторони низького тиску, і зв'язуються при віддачі електронів знову до молекул кисню. Існуюча при цьому електрорушійна сила (ЕРС) є по рівнянню

Нернста мірою різниці тиску частинок, і на підставі цього факту, що тиск частинок (повітря) відомий, є мірою змісту кисню на стороні димового газу.

Перерахунок ЕРС в нормований сигнал проводиться в блоці обробки результатів.

#### Обслуговування

Датчик кисню ОХІТЕС не вимагає тривалого обслуговування. Виходячи з умов навколишнього середовища і виконання, повинні перевірятимуться:

- повітряний фільтр блоку обробки результатів кожні 8 тижнів;
- фільтр зонда щороку.

#### Калібрування :

Датчик кисню ОХІТЕС проходить попередню калібрування на заводі. Для того, щоб досягти більш високої точності вимірювань, необхідно першу калібрування провести у виробничих умовах з повітрям і порівняльним газом (наприклад 2,1 % O<sub>2</sub> в N<sub>2</sub>). Потім подальше калібрування можна провести з навколишнім повітрям (одно точкове калібрування)

Таблиця 2.1 – Технічні дані датчика кисню.

Назва характеристики	Характеристика
Вимірювальний зонд кисню	
Максимальна температура димового газу	400...1400 °С, в залежності від виконання
Тиск димового газу	1000 ± 50 мбар
Склад димового газу	
Водяна пара макс.	100%
пил	не визначено

Продовження таблиці 2.1

SO <sub>2</sub>	будь-яка виникаюча в газоході концентрація	
HCl	при > 1000 мг/м <sup>3</sup> впливає на термін служби зонда	
HF	при > 100 мг/м <sup>3</sup> впливає на термін служби зонда	
CO	ZrO <sub>2</sub> -вимірювальні елементи дуже чутливі до всіх газів, що горять. В димовому газі цією помилкою нехтують	
Термін служби	від 4 до 5 років, може мінятися залежно від складу газу	
Допустима температура навколишнього середовища	-10 ... +80 °С	
Час спрацювання і T90 для потоку димового газу > 10 м/с	час спрацювання	T90
- зонд для 400 °С	2,0 с	30 с
- зонд для 600 °С	0,5 с	5 с
- зонд для 1400 °С	4,0 с	120 с
- вибухозахищений зонд	2,0 с	35 с
Допустима швидкість потоку	0...50 м/с	
Чутливість вимірювального елемента	± 0,2 % значення, що виміряється	
Дозвіл вимірювального елемента	< 1 ppm O <sub>2</sub>	
Допоміжна енергія	через блок обробки результатів	
Ступінь захисту	IP65 (сполучна коробка)	
Блок обробки результатів		

Продовження таблиці 2.1

Допоміжна енергія	див. дані замовлення
Споживання потужності	400 ВА (фаза нагріву), 100...200 ВА (нормальний режим)
Вихідний сигнал	0 (4) ... 20 мА, гальванічно- розділений
Повний опір макс.	500 Ом
Роздільна здатність	0,021 % O <sub>2</sub>
Чутливість	< 0,05 % O <sub>2</sub>
Вага/ступінь захисту - сталевий корпус - 19-ти дюймовий змінний модуль - вибухозахищена електроніка	близько 15 кг / IP66 близько 10 кг / IP20 близько 54 кг / IP65 близько 25 кг / IP66
Допустима температура навколишнього середовища	-20 ... +55 °C
Спеціальний кабель зонда	
Один для вимірюючого сигналу термоелемента, обігрівача магнітного вентиля матеріал (корпус)	PUR (зелений ~ RAL 6026)
Допустима температура навколишнього середовища	-40 ... +90 °C
Зовнішній діаметр	11,7 мм
Довжина макс.	150 м
Пневматичний шланг з двома трубами (4/6 мм HDPE) для повітря (безперервно 30 л/г) і порівняльного газу (при споживанні від 150 до 200 л/г)	PUR (зелений ~ RAL 6026)

Продовження таблиці 2.1

Характеристика	Проектована	Аналоги
Допустима температура навколишнього середовища		-40 ... +90 °С
Зовнішній діаметр		16,6 мм
Довжина макс.		150 м

Для визначення ступеня відповідності технічного рівня і якості приладу, що проектується, сучасному рівню розробок в даній галузі, як за технічним виконанням, так і за обсягом задач, які вирішуються за допомогою приладу, необхідними є аналоги, які повинні відповідати приладу, що проектується, за переліком технічних (експлуатаційних) характеристик (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Порівняльні характеристики проекрованої системи і аналогів

		ОХІТЕС 5000	АКВТ-01
Кількість робітників, що обслуговують систему, чол.,	4	10	9
Кількість елементів системи діагностики	5	8	10
Похибка вимірювання, %	±3	±0,8	±0,9
Надійність, %	95	80	80
Безпечність, %	80	85	80

В якості першого аналога вибрано зарубіжний аналог: Систему аналізу кисню OXITEC 5000, що застосовується для теплоелектростанцій, обладнання для спалювання сміття, цементних заводів та іншого теплового обладнання з високою запыленістю і температурами димового газу до 600 °С.

В якості другого аналога використовується вітчизняний аналог: Система аналізу кисню АКВТ-01, призначена для неперервного автоматичного вимірювання концентрації вільного кисню в газах процесів горіння різних видів палива.

### **2.3 Вибір виконавчих елементів системи.**

В даній системі автоматизації парового котла, а саме в її частині регулювання витрат повітря за вмістом кисню використовуються електричні виконавчі приводи SIPOS 5 Flash.

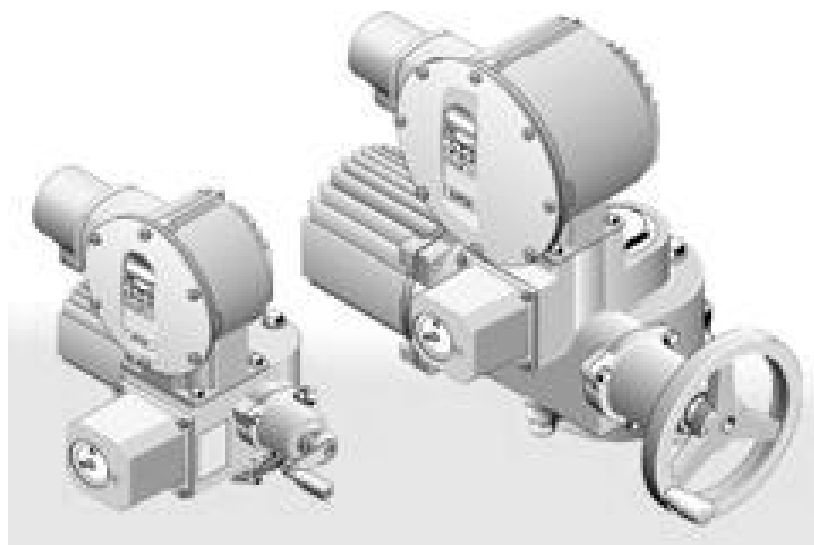


Рисунок 2.4 – Електричний поворотний привід для регулюючих пристроїв,

Серія S

Технічні дані електричних виконавчих приводів SIPOS 5 Flash:

- повторно-короткочасний режим S4/S5 min 10 % ED max. 1200 c/h по DIN EN 60 034, клас захисту IP 67 по DIN EN 60 529;
- клас ізоляції мотора F, температурний діапазон: -20 до +60 °C;
- „non intrusiv” у PROFITRON (після установки кінцевих позицій на арматурі);
- маховик для аварійного вмикання (при роботі мотора від'єднаний!);
- PROFITRON: три еталонних залежності моментів обертання пневмоарматури можуть відтворюватися;
- повний електричний захист електродвигуна, автоматичне корегування реверсу;
- частота напруги живлення в проміжку від 47 до 63 Hz;
- можливе додаткове джерело DC 24-V для електронного блоку;
- аналогова позиційна фактична величина (електронне сигналізування позицій);
- безступінчате вставлення кінцевих позицій з функцією шляху (кутовою функцією);
- регульоване залежно від моменту обертання вимикання з 10% кроками від 30 до 100%  $M_{d_{max}}$
- 7-ми ступінчастий час перестановки по вибору; фактор градації 1,4;
- автоматичне відключення (залежить від моменту обертання, шляху і т.п.);
- висока точність позиціонування завдяки м'якому пуску (пусковий струм нижчий за номінальний струм);
- індикація ходу;
- можливий роздільний монтаж блоку електроніки;
- зовнішні гвинти з нержавіючої сталі;
- програмування може здійснюватися користувачем.



## 2.3 Програмування контролера для регулювання подачі повітря в топку котла

Для програмування контролера «Simatic S7-300» використовується програмний комплекс STEP 7.

STEP 7 – це базовий пакет програм, що включає у свій склад весь спектр інструментальних засобів, необхідних для програмування й експлуатації систем керування, побудованих на основі систем автоматизації SIMATIC S7/C7/WinAC. Відмінною особливістю пакета STEP 7 є можливість розробки комплексних проектів автоматизації, програмованих контролерів, що базуються на використанні багатьох, промислових комп'ютерів, пристроїв і систем людино-машинного інтерфейсу, пристроїв розподіленого вводу-виводу, мережевих структур промислового зв'язку. Обмеження на розробку таких проектів накладаються тільки функціональними можливостями програматорів або комп'ютерів, на яких проінстальований STEP 7.

Інструментальні засоби STEP 7 дозволяють виконувати:

- Конфігурування і визначення параметрів настроювання апаратури.
  - Конфігурування систем промислового зв'язку і настроювання параметрів передачі даних.
  - Програмування, тестування, налагодження і запуск програм окремих систем автоматизації, а також їх локальне або дистанційне обслуговування.
  - Документування і архівування даних проекту.
  - Функції оперативного керування і діагностування апаратури.
- Усі перераховані функції підтримуються потужною системою інтерактивної допомоги.

STEP 7 містить повний спектр інструментальних засобів, необхідних для виконання всіх етапів розробки проекту, а також наступної експлуатації системи керування:

- SIMATIC Manager – ключова програма STEP 7, що дозволяє виконувати керування всіма складовими частинами проекту, здійснювати швидкий пошук необхідних компонентів, робити запуск необхідних інструментальних засобів.
- Symbol Editor – програма визначення імен змінних, типів даних, введення коментарів до змінної.
- Hardware Configuration – програма конфігурування апаратури, яка використовується в проекті.
- Communication – програма конфігурування систем промислового зв'язку, що використовують для обміну даними MPI інтерфейс, мережі PROFIBUS або Industrial Ethernet. Сеанси зв'язку можуть здійснюватися циклічно або запускатися по тимчасових або апаратних перериваннях.
- Інформаційні функції – для швидкого доступу до даних центрального процесора і керування режимами виконання програми користувача в ході її налагодження.

Для цього створюємо проект за допомогою спеціального менеджера. Слідуючи інструкціям вибираємо: тип центрального процесора, мову програмування і організаційні блоки, назву проекту.



Рисунок 2.5 - Вікно менеджера створення нового проекту.

Після створення проекту відкривається основне вікно в якому видно всю структуру проекту.

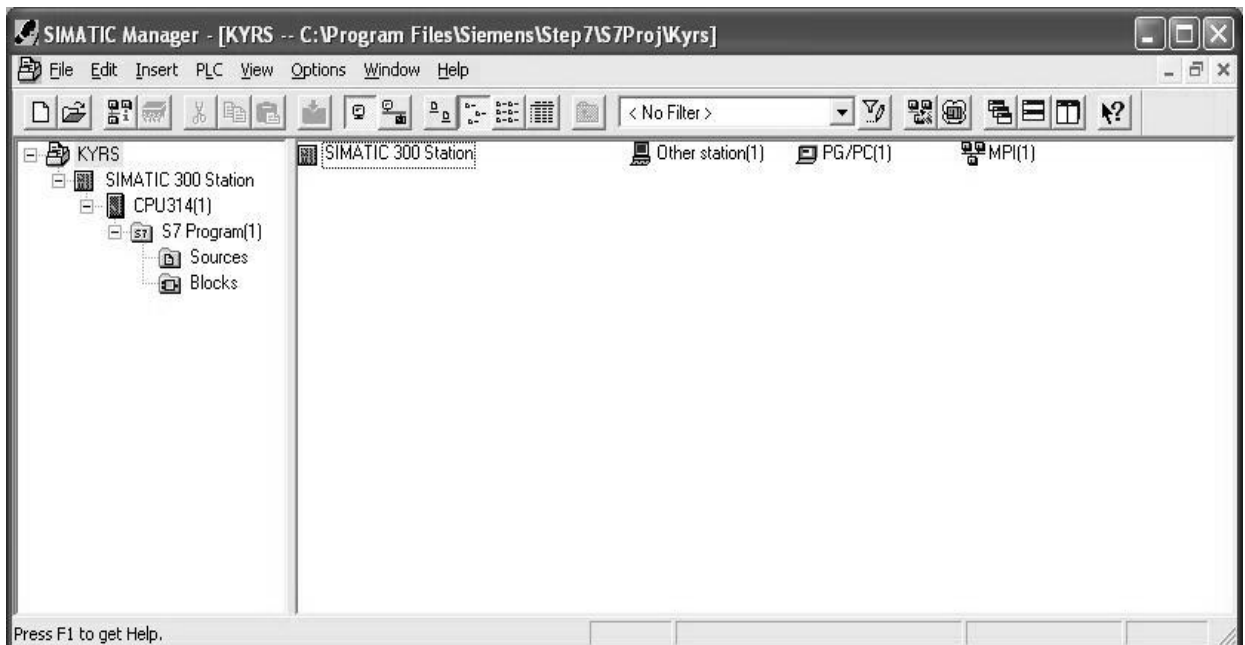


Рисунок 2.6 - Вікно проекту

Перед написанням програми необхідно створити конфігурацію системи автоматичного керування в пакеті STEP7.

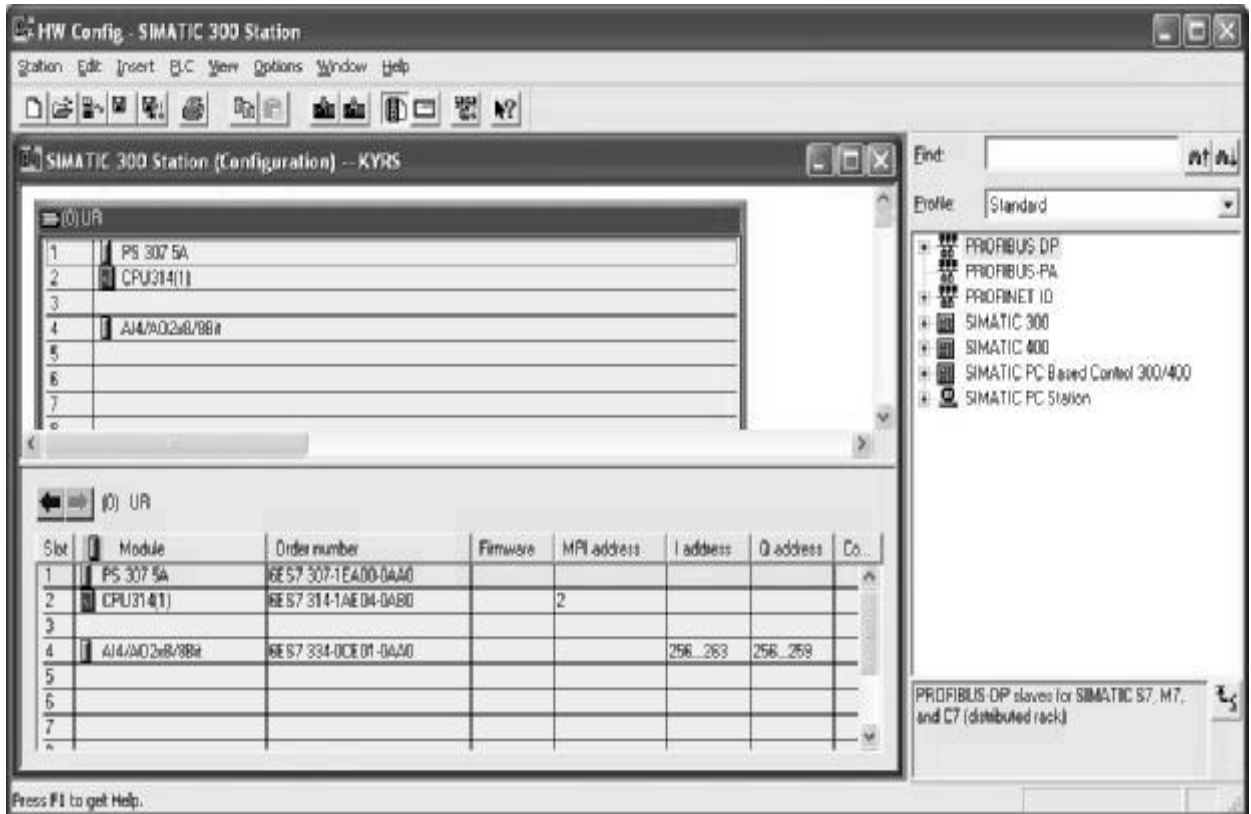


Рисунок 2.7 - Конфігурації „заліза” в пакеті STEP 7

На першому посадочному місці розміщений блок живлення PS 307 5A. Наведемо його характеристики:

- Вихідний струм 5А;
- Вихідна напруга 24В постійного струму; захист від короткого замикання і обриву кола;
- Підключення до однофазної системи змінного струму (120/230В змінного струму, 50/60Гц);
- Надійна ізоляція;
- Може використовуватись як джерело живлення навантаження;

На другому посадочному місці розміщений центральний процесор S7-300 - CPU314.

На четвертому посадочному місці розміщений модуль аналогового вводу/виводу AI4/AO2×8/8bit.

Створення конфігурації мережі. В даному проекті контролер, програматор, і персональний комп'ютер з'єднуються через MPI інтерфейс.

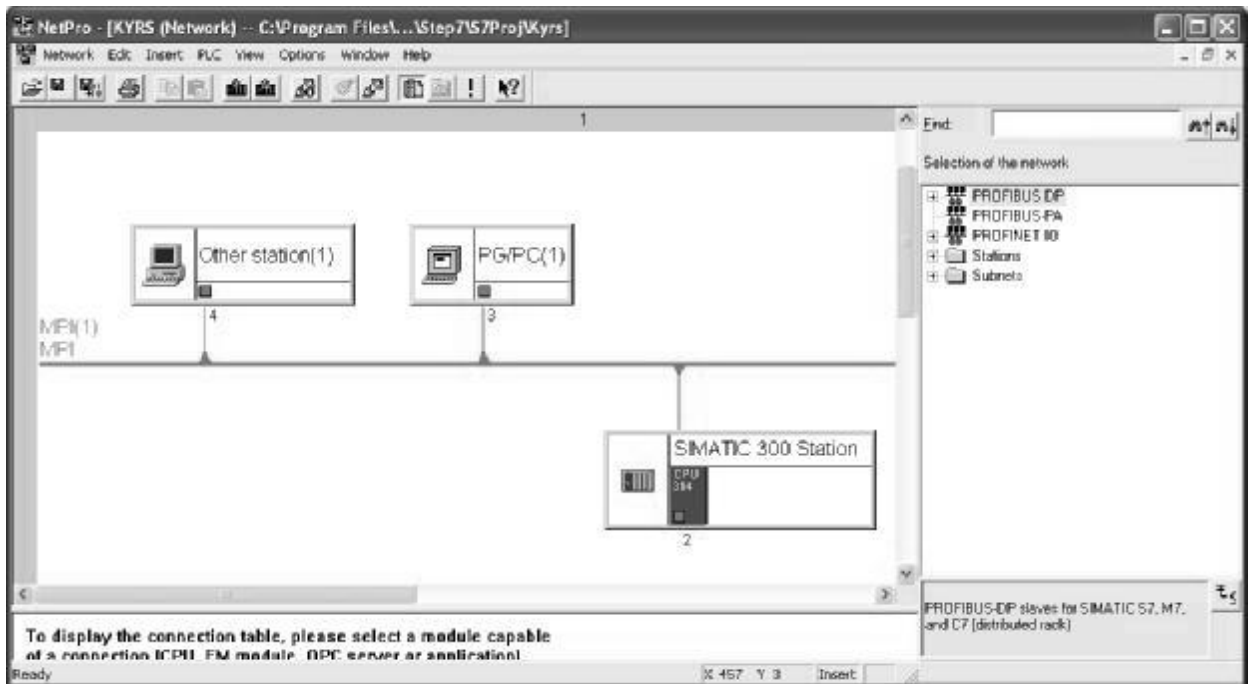


Рисунок 2.8 – Вікно створення конфігурації мережі.

У програмі STEP 7 ми працюємо з адресами, як наприклад сигнали I/O, розрядна пам'ять, лічильники, таймери, блоки даних, і блоки функції. Ми можемо звернутися до цих адрес у своїй програмі абсолютно, але наші програми будуть набагато легше читатися, якщо ми використаємо позначення для адрес (наприклад, Motor\_A\_On, або інші ідентифікатори згідно системного коду, використовуваного в межах свого проекту). Адреса у нашій програмі може тоді бути доступна через це позначення.

### **Абсолютні Адреси**

Абсолютна адреса охоплює ідентифікатор адреси і розташування пам'яті (наприклад, Q 4.0, I 1.1, M 2.0, FB21).

## Символічні Адреси

Також можна зробити програму легше читаєму і спростити діагностику, якщо призначити символічні імена абсолютним адресам.

STEP 7 може перевести символічні імена на необхідні абсолютні адреси автоматично. Тому краще за все звертатися до Масивів, STRUCTs, блоків даних, місцевих даних, блоків логіки, і призначених для користувача типів даних, що використовують символічні імена, тому потрібно відразу призначити символічні імена абсолютним адресам перед тим, як звернутися до даних символічно.

Наприклад, призначити символічне ім'я Switch\_On адресі Q 0.0; Switch\_Off Q 0.1 , а потім використати Switch\_On як адреси в твердженні програми. Використовування символічних адрес легше визнати до того, яка протяжність елементи в програмі відповідають компонентам вашого проекту процесом управління.

Можна також відзначити, що послідовне підкреслення двох символів не дозволено в символічному імені (Switch\_ \_On).

Щоб зробити легше звертання до програми, використовуючи символічні адреси можна показати абсолютну адресу і коментар позначення, який належить позначенню, а також можна активізувати цю інформацію, використовуючи Уявлення команди меню > Показ > Інформація Позначення. Це означає, що коментар лінії, наступний за кожним твердженням STL, містить більше інформації. Можна редагувати цю помітку, що висвітлюється; для цього потрібно внести які-небудь зміни в таблицю ідентифікаторів або таблицю опису змінної.

	Status	Symbol	Address	Data type	Comment
1		cons vidn	MW 12	INT	
2		Dava4 gazu	MV 260	INT	
3		Dava4 povitria	MV 256	INT	
4		etalon	MW 4	INT	
5		koncentr	MW 14	INT	
6		Koncentr povitria	MV 258	INT	
7		Konst	MW 1	INT	
8		Main Program	OB 1	OB 1	
9		regp	MW 8	INT	
10		Regulator	QW 259	INT	
11		rizn	MW 6	INT	
12		vidn	MW 10	INT	
13					

Рисунок 2.9 – Таблиця символів

Як видно з таблиці в контролера буде три аналогових входи “Dava4 gazu” сигнал з давача тиску газу, “Dava4 povitria” показує тиск повітря і “Koncentr povitria” сигнал з аналізатора повітря. Один аналоговий вихід “Regulator” сигнал з якого буде керувати виконавчим приводом. І сім внутрішніх змінних.

Дана програма написана на мові FBD. Вона розбита на декілька частин Network.

Перша частина програми визначає відношення між тисками повітря і газу “vidn” та порівнює його з деяким еталонним відношенням ”cons vidn” яке задається згідно технологічного процесу. В результаті програми отримується деяка різниця “rizn”

Network 1: vidnow

Comment:

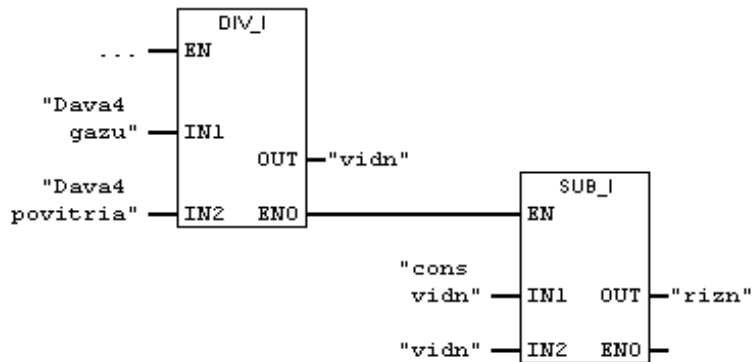


Рисунок 2.10 – Регулювання по відношення газу і повітря

Друга частина програми порівнює дані концентрації з давача кисню з деяким еталоном вмісту кисню в димових газах “etalon”. Різницю еталонної і реальної концентрації кисню “regp” помножується на деякий коефіцієнт “Konst”, який пов’язує концентрацію кисню в димових газах з тиском подачі повітря у камеру згорання. В результаті отримуємо деяке значення “koncentr”

Network 2: koncentr

Comment:

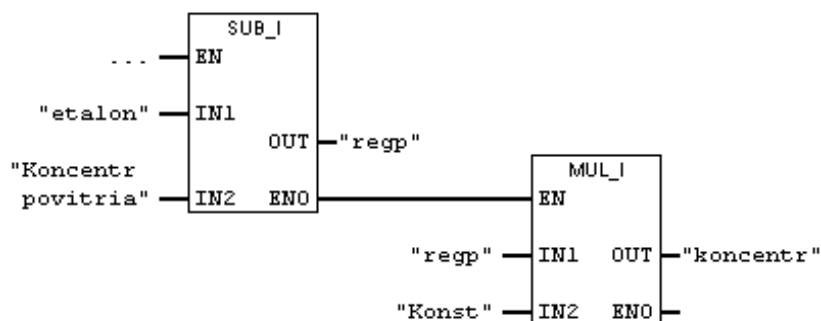


Рисунок 2.11 – Регулювання по концентрації кисню в димових газах.



В третій частині програми сумуються значення з попередніх двох і формується вихідний сигнал який подається на виконавчий механізм який керує заслінкою подачі повітря.

**Network 3 : Vuxid**

Comment:

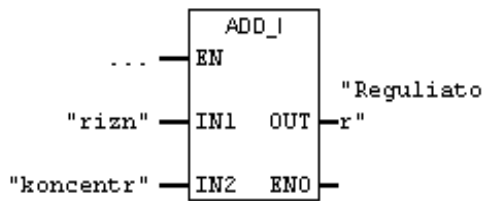


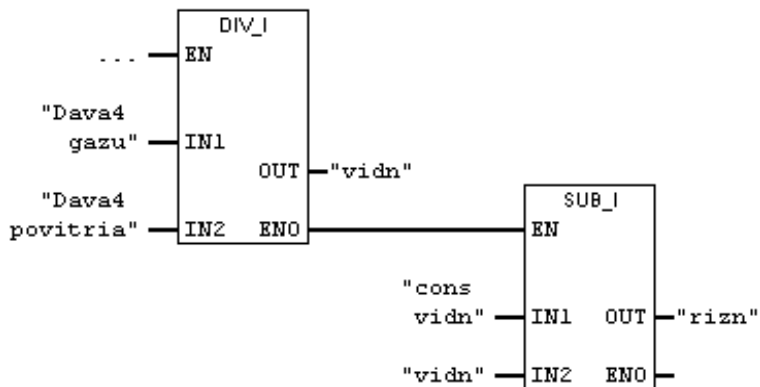
Рисунок 2.12 – Формування вихідного сигналу.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comment:

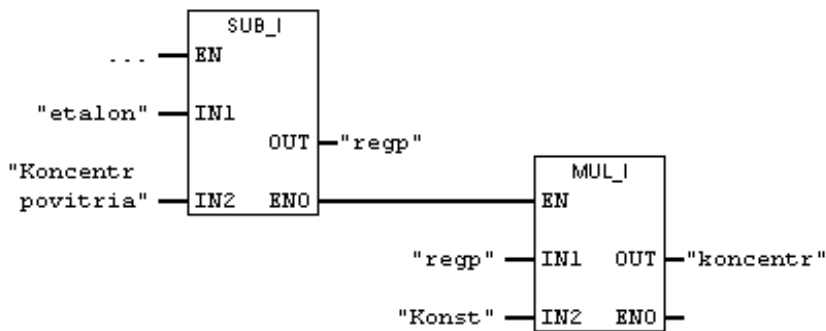
Network 1: vidnow

Comment:



Network 2 : koncentr

Comment:



Network 3 : Vuxid

Comment:



Рисунок 2.13 - Повна програма регулятора.

## 2.4 Розрахунок показників надійності системи контролю подачі повітря

Оскільки відмова будь-якого елементу системи призводить до відмови системи в цілому, тому елементи в логічній схемі надійності з'єднані послідовно.

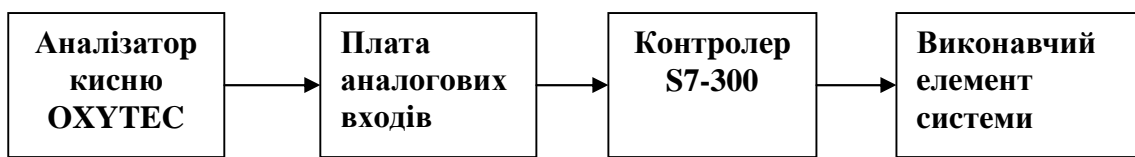


Рисунок 2.14 — Логічна схема надійності системи контролю подачі повітря.

Для такої логічної схеми загальна ймовірність безвідмовної роботи визначається із виразу :

$$P_{\text{заг}}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (2.1)$$

і маємо показниковий закон розподілу, то

$$I_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (2.2)$$

де  $P_i$  – ймовірність безвідмовної роботи окремих елементів, ланок, каскадів;

$I$  – інтенсивність їх відмови.

За даними таблиці 2.3 визначається сумарна інтенсивність  $I_S$  відмови пристрою.

Таблиця 2.3 – Значення інтенсивностей відмов елементів і пристрою

Найменування компоненти	Кількість елементів, шт	Номінальна інтенсивність відмови $\times 10^{-6}$ , 1/год
1	2	3
Аналізатор кисню	1	0,16
Контролер	1	1,6
Виконавчий механізм	1	0,02
Плата аналогових входів	1	0,32
Загальна інтенсивність відмови системи $\lambda_{\Sigma} \times 10^{-6}$ , 1/год		2,1

За отриманим з таблиці (2.3) значенням  $I_{\Sigma}$  сумарної інтенсивності відмови пристрою, обчислюємо середнє напрацювання на відказ  $T_0$ , застосовуючи формулу (2.2) :

$$T_0 = 1/I_{\Sigma} = (1/2,1) \times 10^6 = 476190,5 \quad (2.3)$$

Далі наведено формулу для заданого часу безвідмовної роботи при вказаній ймовірності безвідмовності (звичайно 0,95) і визначено час безвідмовної роботи, год :

$$t_{\text{зад}} = \frac{0,051}{I_{\Sigma}} \times 10^6 . \quad (2.4)$$

Отже, згідно даних таблиці 2.3, та за формулою (2.4),

$$t_{\text{зад}} = \frac{0,051}{2,1} \times 10^6 = 24285,7$$

В цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи в інтервалі заданого часу визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-t \times \lambda_s}, \quad (2.5)$$

Підставивши значення, обчислені за формулою (2.5), отримаємо графік ймовірності виникнення відказів за час  $t$ , який наведено далі (рис. 2.15).

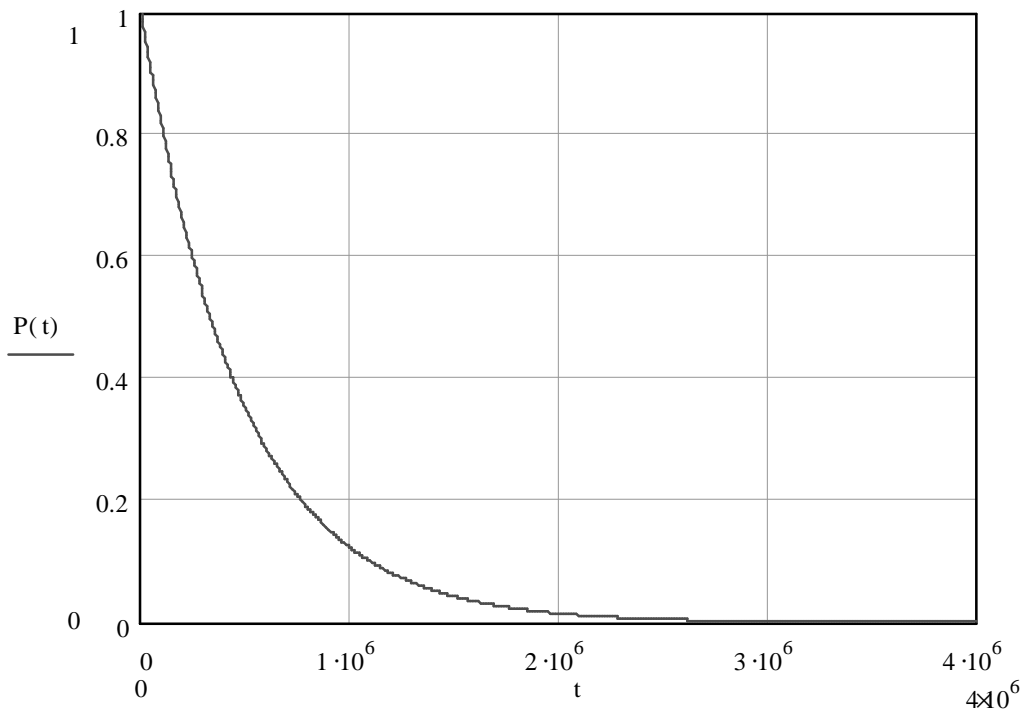


Рисунок 2.15 – Ймовірність безвідмовної роботи системи.

## 3 Конструкторська частина

### 3.1 Склад автоматизованої системи керування індивідуального тепловипункту

Автоматизовані системи управління індивідуальними тепловими пунктами (ІТП) є комплексними системами, що мають два контури управління (температурою у трубах подачі теплоносія в системах опалення та температурами води в системах тепловодопостачання), виконавчі пристрої з двигунами, регулюючі органи прямого впливу, датчики температури та тиску.

Система управління індивідуальними тепловими пунктами має підтримувати температуру в трубах системи житлового опалення, відповідно до температурної кривої з кореляцією між температурами в лініях подачі систем опалення та температурою на вулиці.

Система управління складається:

ПЛК «Climatix POL 638.70/DH» компанії Siemens, модуля «M-Bus», модуля розширення, GSM/GPRS модема;

датчиків температури «MBT 3260» та датчиків тиску «MBS 1900» компанії Danfoss;

регулятора температури теплоносія «VRB» з електроприводом AMV компанії Danfoss;

регулятора температури гарячої води VRB з електроприводом AME компанії Danfoss;

Для автоматичної регуляції перепаду тиску використовують регулятор перепаду прямої дії «VHG 519L50».

В приміщенні індивідуального теплового пункту передбачено прилади для вимірювання наступних параметрів:

тиску в трубах за допомогою манометрів «ДМ 0,5»;  
температури води за допомогою термометрів «СП-В».  
Клас точності манометрів повинен бути не меншим 2,5.

### **3.2 Основні поняття та терміни програмно-апаратного забезпечення робочого місця оператора**

*Людино-машинний інтерфейс* (ЛМІ) – комплексний термін, що позначає набір засобів, способів і угод, що забезпечують однозначне і правильне сприйняття оператором інформації про об'єкт (процес), а також видачу їм команд управління об'єктом (процесом).

*Операторська станція* – комплекс технічних засобів, який реалізує людино-машинний інтерфейс. З операторської станції оператор здійснює контроль і управління системою. Операторська станція виконана на базі персонального комп'ютера. Вона включає в себе системний блок, кольоровий графічний монітор, клавіатуру, маніпулятор типу "миша", акустичні колонки.

*Операторне управління системою* здійснюється за допомогою "миші" і клавіатури. "Миша" являє собою ручний маніпулятор, "пов'язаний" з курсором (у вигляді стрілки) на екрані монітора.

*Відеокадр* – мнемосхема процесу чи інша графічна інформація, що відображується на екрані монітора і займає всю його площу. Відеокадри є основним джерелом інформації про стан системи та засобом впливу на систему. Зміст відеокадрів є різним і залежить від їх функціонального призначення.

*Вікно* – графічне поле, зазвичай невеликого розміру, призначене для введення/виведення додаткової інформації поверх основного відеокадру. Кожне вікно забезпечується рядком заголовка, розташованого у верхній його частині. Синій фон заголовка вікна свідчить про те, що дане вікно є

«активним» в даний момент і всі дії по введенню з клавіатури і «миші» відносяться до цього вікна. Сірий фон заголовка свідчить про «неактивність» вікна в даний момент.

*Дії з управління вікном* – до них відноситься переміщення вікна і відмова від його відображення (закривання вікна).

*Кнопка* – невеликий графічний елемент, розміщений у полі відеокадру, при «натисненні» на який ЛК або ПК миші виконується деяка дія. Функціональне призначення кнопок визначається по їх мнемонічному зображенню або напису на кнопці. Щоб виконати бажану дію слід навести курсор миші на потрібну кнопку, а потім натиснути і відпустити ЛК "миші".

*Меню* – графічний елемент, який з'являється при натисканні на відповідну кнопку, напис або інший об'єкт відеокадру і містить список подібних за функціональним призначенням дій. При натисканні ЛК миші по вибраному варіанту виконується відповідна дія – вибір пункту меню.

*Системна панель управління* – горизонтальна ділянка, розташована в нижній частині відеокадру. Вона містить кнопки перегляду інших відеокадрів АСДТ, поле аварійних повідомлень, ім'я зареєстрованого користувача, кнопки вибору мови ЛМІ та іншу інформацію.

*Поле аварійних повідомлень* – служить для інформування оператора про три останні непідтверджені (неквитовані) аварійні події. При нормальних умовах це поле порожнє. Якщо в системі виникає нова аварійна подія, то відповідне повідомлення відображується у верхньому рядку, переміщуючи вниз попередні повідомлення. При підтвердженні (квитуванні) аварійного повідомлення воно видаляється зі списку повідомлень, що відображаються в даному полі. Перегляд усіх аварійних повідомлень може здійснюватись оператором при переході до відеокадру «Аварійні повідомлення».

*Користувач* – поточний, зареєстрований в системі оператор, що здійснює управління системою в даний момент. Після початку роботи системи автоматично реєструється користувач «Оператор» з логіном «user» і паролем «1241682». Оператор має можливість перегляду усіх вікон та



відеокадрів АСДТ окрім зміни уставок регуляторів параметрів в котельній та ІТП. Логін та пароль користувача з повними повноваженнями передається технічному персоналу, обслуговуючому АСДТ. Для входу в систему слід з допомогою ЛК на лівому нижньому кутку основного відеокадру з допомогою кнопки «Ñ» викликати форму входу в систему (рис. 3.1).

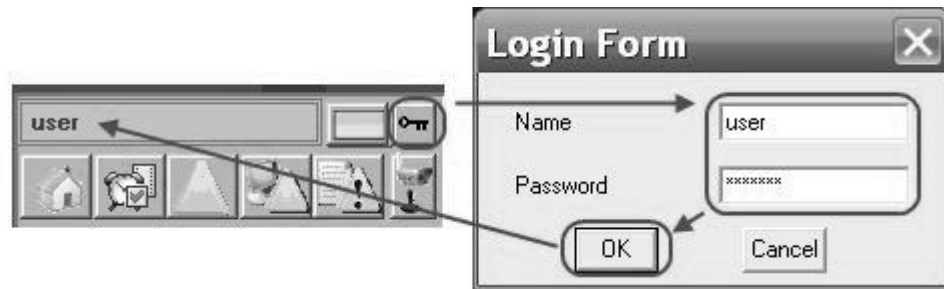


Рисунок 3.1 – Вхід користувача в систему SCADA

### 3.3 Загальні принципи побудови інтерфейсу оператора

Поточний стан обладнання і технологічного процесу відображується на екрані у вигляді динамічних мнемосхем – відеокадрів. Відеокадри поділяються на два типи:

- *технологічні відеокадри* призначені для відображення поточного стану обладнання і ходу технологічного процесу, а також для керування ними;
- *системні відеокадри* призначені для відображення додаткової аналітичної інформації про роботу обладнання і всієї системи в цілому.

Виклик окремих відеокадрів і перехід між відеокадрами здійснюється шляхом натискання відповідних кнопок системної панелі управління (див. рис. 3.1). З основного відеокадру можна викликати наступні додаткові сторінки та вікна. Дерево сторінок наведено на рис. 3.2.

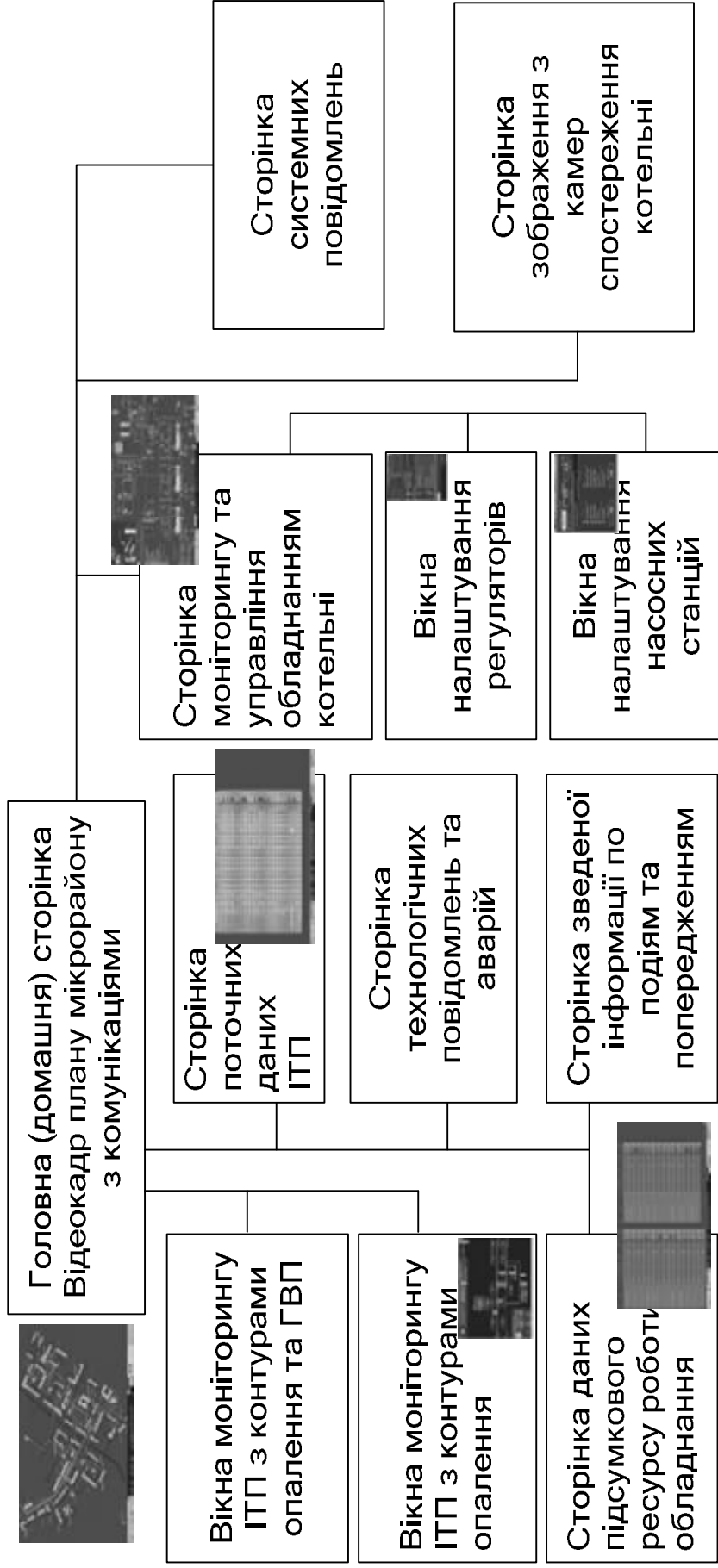



Рисунок 3.2 – Дерево сторінок АСДТ

Дерево сторінок включає в себе:

- сторінку моніторингу та управління обладнанням котельні з додатковими вікнами налаштувань частотних електроприводів;
- сторінку зведених поточних даних по роботі обладнання ІТП.
- вікна моніторингу та управління обладнанням індивідуальних теплових пунктів з контурами опалення та гарячого водопостачання;
- вікна моніторингу та управління обладнанням індивідуальних теплових пунктів з контурами опалення.

Для запуску системи на сервері необхідно двічі натиснути лівою кнопкою миші на піктограмі  SCADA. Після запуску програми цю ж процедуру слід виконати на клієнтських робочих місцях в диспетчерській.

### **3.4 Умовні позначення, кольорове кодування**

Всі пристрої, обладнання та інші об'єкти котельні відображаються у вигляді умовних позначень, перелічених в таблиці 3.1.





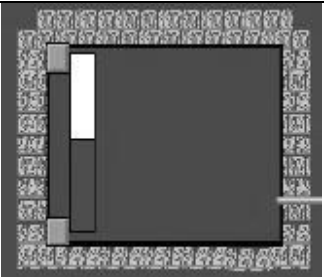
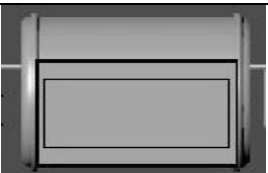



У даних відеокадрах використовуються наступні загальні правила кольорового кодування об'єктів:

- сірий колір – обладнання не працює;
- зелений колір – обладнання працює;
- червоний колір – аварія на обладнанні, виділеному червоним кольором.

Таблиця 3.1 - Умовні позначення пристроїв, обладнання та інших об'єктів котельні.

	<p>Котел водогрійний</p>
	<p>Пальник котла з нагнітальним вентилятором (увімкнений / вимкнений)</p>
	<p>Труба димових газів котла</p>
	<p>Насос (підживлювальний, мережевий, рециркуляційний) (увімкнений / вимкнений)</p>
	<p>Запірна арматура (вентиль, кран, засувка)</p>
	<p>Зворотній клапан</p>
	<p>Триходовий змішувальний клапан</p>
	<p>Перетворювач частоти приводу насосу</p>

Продовження таблиці 3.1.

	<p>Панель сигналізацій граничних значень тиску газу в газопроводі</p>
	<p>Газовий клапан-відсікач</p>
	<p>Лічильник газовий</p>
	<p>Бак запасу хімічно очищеної води</p>
	<p>Ємність запасу сирої води</p>
	<p>Станція хімоводоочистки</p>
	<p>Електромагнітний клапан подачі хімочищеної води</p>
	<p>Лічильник води</p>
	<p>Каскадний контролер котлів Vitotronic 300</p>

### 3.5 Автоматизація технологічного процесу котельної

Ця сторінка призначена для відображення поточного стану обладнання котельні, а також для виклику вікон налаштування параметрів приводів та регуляторів котлів. Перехід до сторінки котельні здійснюється натисненням кнопки «Котельня» на системній панелі в нижній частині домашньої сторінки (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Кнопка переходу до сторінки котельні АСДТ

Відеокадр котельні наведено на рис. 3.4. На відеокадрі відображується:

- стан котлів, насосів, пальників, трубопровідної арматури води, теплоносія та газу;
- системна панель;
- поле тривоги (алармів) та аварійних повідомлень (рис. 3.5, а);
- поле відображення стану комунікацій мережевого обладнання котельні з комп'ютерами АСДТ (рис. 3.5, б).



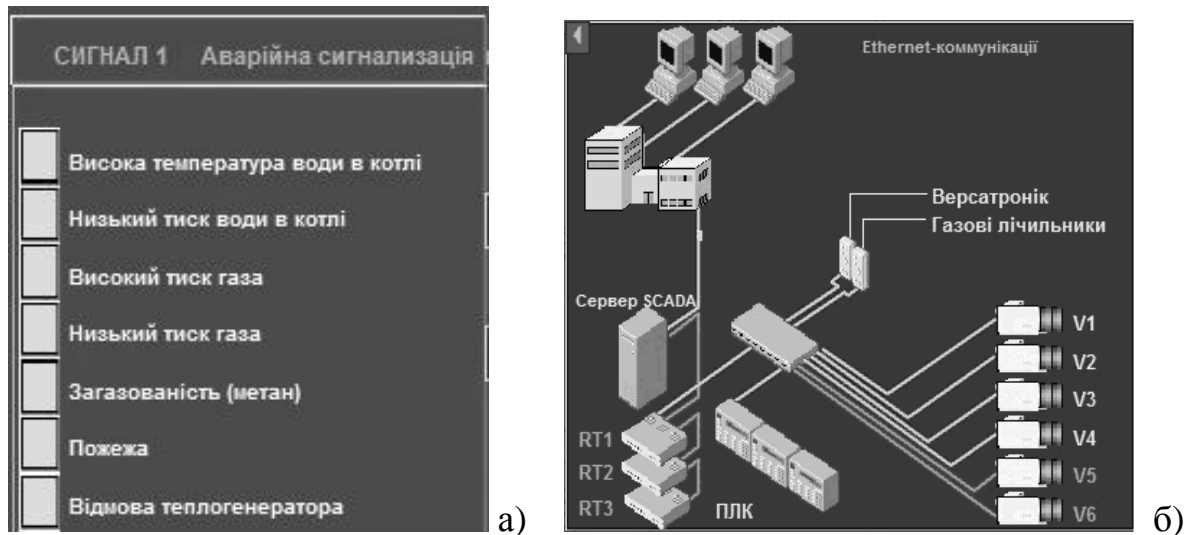


Рисунок 3.5 – Поля відображення тривоги та стану комунікацій мережевого обладнання котельні

В полі відображення стану комунікацій лінії зв'язку, виділені голубим кольором відповідають нормальному стану комунікації, а лінії зв'язку з пристроями, з якими відсутній зв'язок, виділяються червоним кольором, червоним кольором виділяється також назва пристрою, з яким відсутній зв'язок (приклад – «Сигнал 1» на рис. 3.5, б).

Кожен з котлів котельні оснащено лічильником газу, датчиками температури, тепловими лічильниками, що дозволяє відображувати у відповідних полях наступні миттєві та накопичувані значення (рис. 3.6).

У відповідних полях відеокдру котельні відображуються також накопичувані значення лічильників сирої та хімічещеної води, лічильника газу на ввідному газопроводі котельні. Крім вказаних накопичуваних значень відображуються миттєві значення:

- витрат та температури на подаючій та зворотній магістралях (бар, °C);
- температури повітря зовні та всередині котельні (°C);
- тиску, витрат та температури газу на ввідному газопроводі котельні (бар, м<sup>3</sup>/год, °C);



- витрат води перед та після станції хімоводоочистки (м<sup>3</sup>/год);
- рівня води в бакові запасу хімщиченої води (м);
- частоти напруги живлення регульованих електроприводів насосів сирії та хімочищеної води, та мережених та рециркуляційних насосів.

Вказані миттєві значення відображуються біля відповідного умовного позначення об'єкту, на якому проводиться вимірювання.

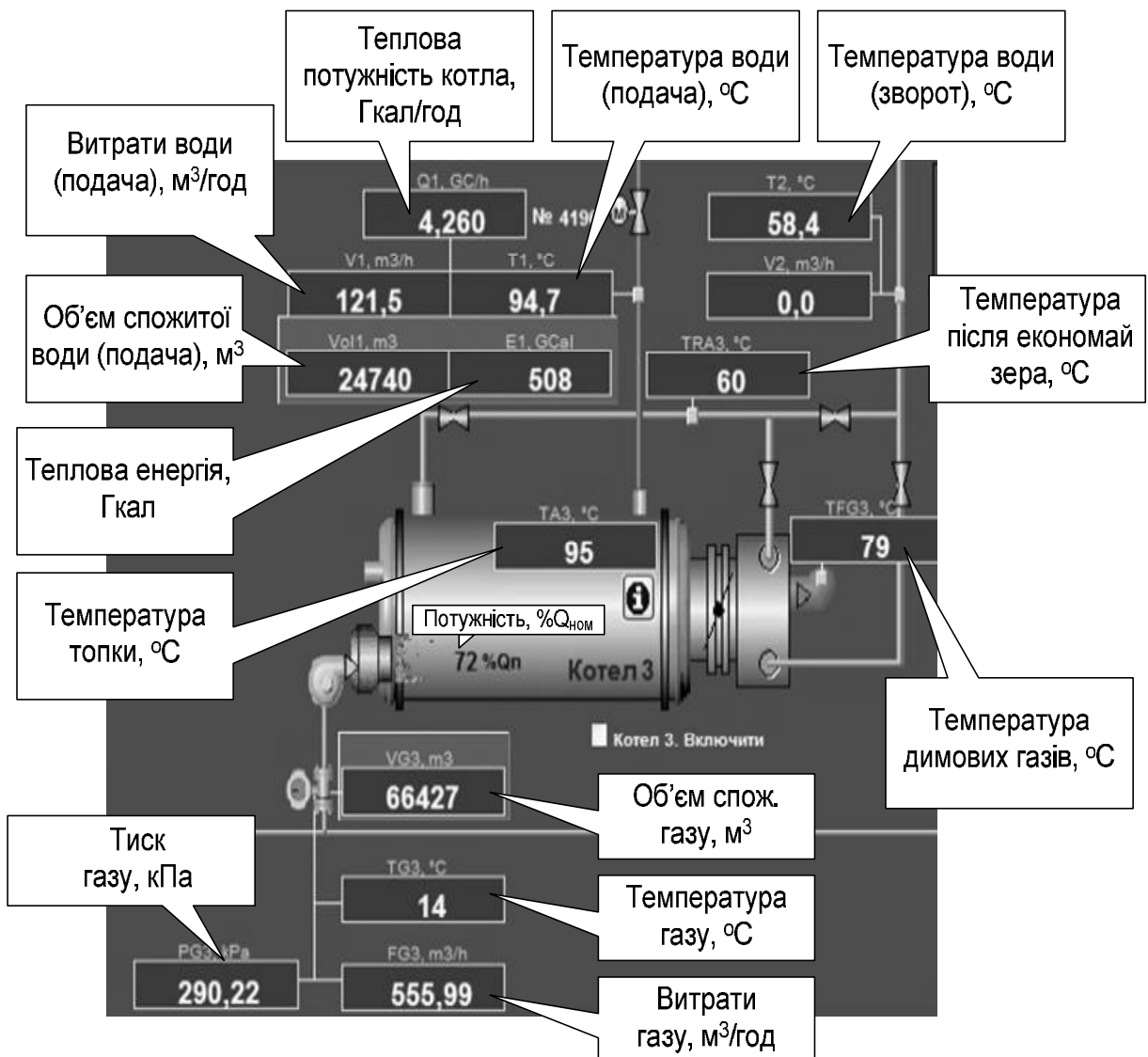


Рисунок 3.6 – Відображення технологічних параметрів котла


### 3.6 Дистанційне керування роботою котлів.

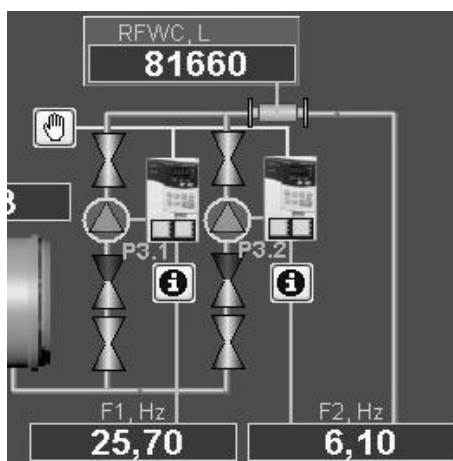
Запуск котлів в роботу за допомогою автоматизованої системи диспетчеризації тепlopостачання (АСДТ) здійснюється після повного проведення підготовчих робіт згідно п.п. 1, 2 «Правил експлуатації водогрійних котлів VITOMAX 200.»

Перед початком дистанційного керування роботою котлів , оператор повинен зареєструватися в системі під логіном і паролем.

Запуск котлів.


1. Включити насоси підживлення.

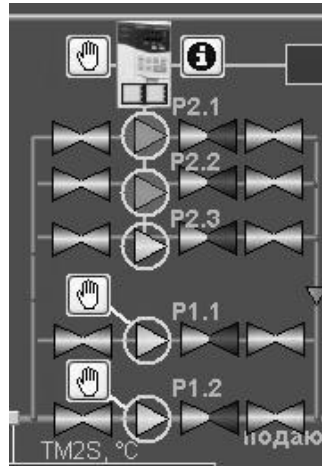
Натиснути значок  «Увімкнути» біля зображення насосів підживлення.



Простежити чи насоси увімкнулись (зелений колір на мнемосхемі). Тиск в зворотному трубопроводі повинен стати P2-3 кг/см<sup>2</sup>.

2. Включити мережеві насоси.


Натиснути на знак  «Увімкнути» поряд з зображенням частотного перетворювача, що керує мережними насосами.



Простежити щоб насоси увімкнулися (зелений колір забарвлення на мнемосхемах).

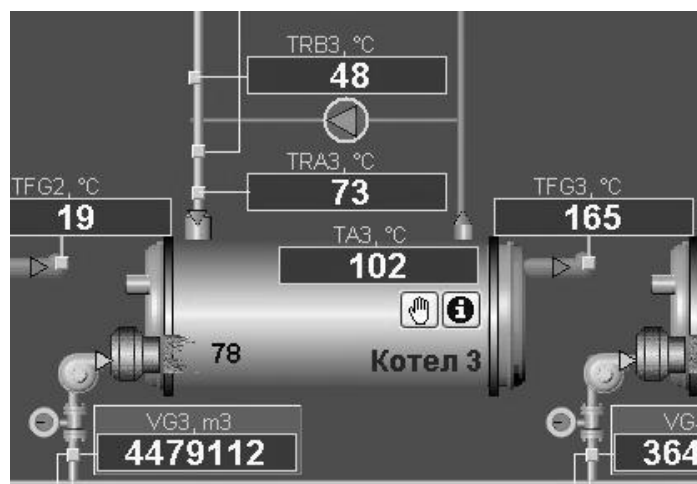
Тиск в системі повинен бути в межах: P1=4,8-5,0 кг/см<sup>2</sup>. P2= 3,0-3,2 кг/см<sup>2</sup>.

### 3. Увімкнення котлів.

На зображенні котла, який необхідно запуснути натиснути на знак  «Увімкнути».

Прослідкувати що котел увімкнувся. Про це свідчить зелений колір забарвлення на мнемосхемі.

Кнопка Увімкнення котлів дає сигнал на дозвіл запуску котлів від каскадного регулятора керування котлами Vitotronic 200.



Зупинка котлів.

1. На зображенні котла натиснути знак  «Вимкнути».


Прослідкувати що котел вимкнувся. Про це свідчить сірий колір забарвлення котла на мнемосхемі.

2. Виключити мережні насоси.

Поряд з зображенням частотного перетворювача, що керує групою мережних насосів, натиснути на знак  «Вимкнути».

Прослідкувати що мережні насоси вимкнулись. Про це свідчить сірий колір забарвлення насосів на мнемосхемі.

3. Вимкнути насоси підживлення.

Поряд з зображенням насосів підживлення натиснути знак  «Вимкнути».

Прослідкувати що насоси підживлення вимкнулись. Про це свідчить сірий колір забарвлення насосів на мнемосхемі.

### **Відеокадр плану мікрорайону з комунікаціями**

Цей екран призначений для відображення поточного стану обладнання та інформаційних комунікацій АСДТ на плані мікрорайону, а також для виклику вікон відображення параметрів ІТП будинків мікрорайону (рис. 3.7). Він є основним екраном системи. Даний екран складається з двох основних областей:

- план мікрорайону з лініями інформаційних комунікацій (див. додаток В);
- системна панель.

На плані мікрорайону відображуються умовні позначення житлових та адміністративних будівель з зазначенням їх адреси, інформаційні комунікації оптоволоконних ліній зв'язку обладнання ІТП з серверами АСДТ.

На системній панелі відображаються

- кнопки навігації між сторінками системи;
- останні аварійні повідомлення;

- додаткова системна інформація (вибрана мова інтерфейсу, ім'я користувача, час та дата).

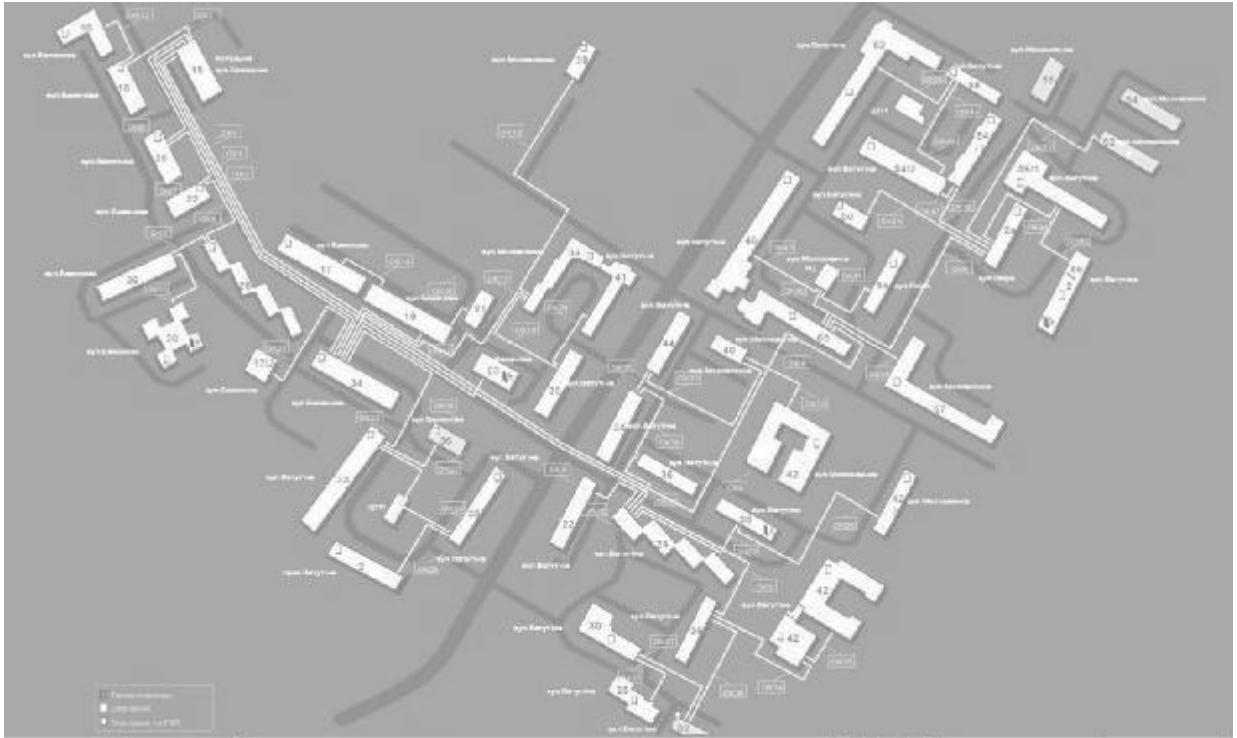


Рисунок 3.7 – Відеокадр домашньої сторінки АСДТ

При натисненні лівою кнопкою миші по піктограмі ключа у лівій нижній частині основного відеокадра відкривається вікно налаштування відображення даних, що отримуються з контролерів, в якому з допомогою позначок **R** вибираються відповідні пункти (рис. 3.8).

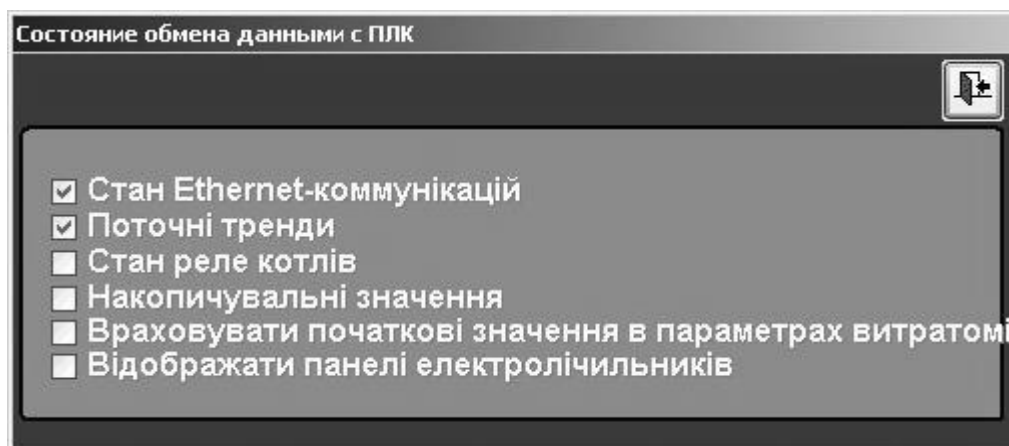


Рисунок 3.8 – Вікно налаштування відображення даних ПЛК АСДТ

### **3.7 Відображення стану технологічного обладнання індивідуальних теплових пунктів**

Біля умовного позначення кожного елемента плану розташовано адресу та номер траси оптоволоконної лінії зв'язку. В нормальному режимі при справних комунікаціях умовне позначення має забарвлення голубим кольором, при попередженнях – жовтим кольором. Але існує два винятки:

- червоний колір з миготінням – даний об'єкт знаходиться (чи перебував) у стані аварії і оператор ще не підтвердив цього (не скасував аварію).

- світло-червоний колір без миготіння – даний механізм знаходиться (або знаходився) в стані аварії і оператор вже підтвердив, що він знає про це (сквитував аварію).

При натисканні ЛК відображається спливаюче вікно керування та стану обладнання об'єкту (рис.3.9),

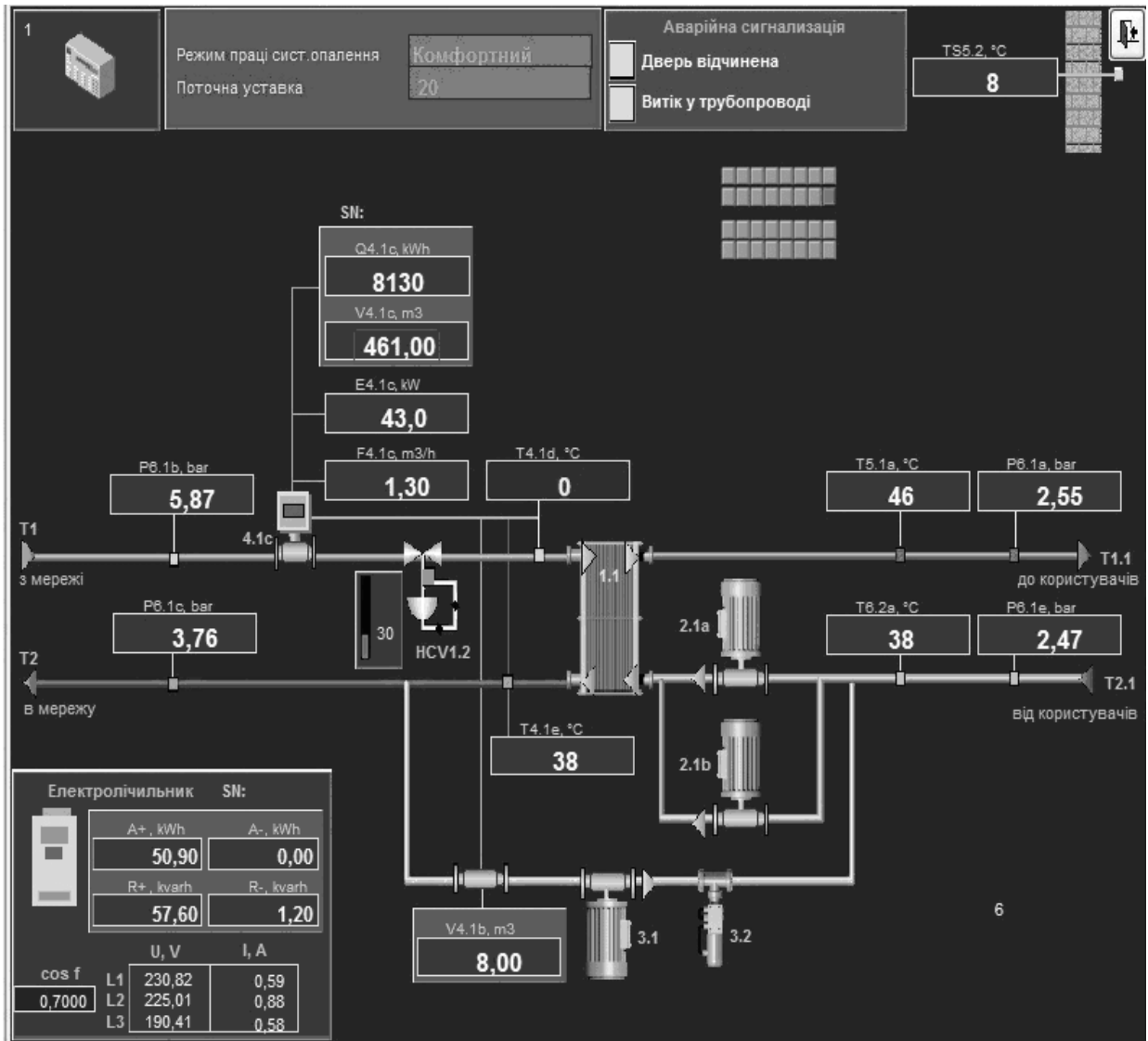


Рисунок 3.9 – Спливаюче вікно стану обладнання об’єкту відеокадра

В цьому вікні відображається стан обладнання об’єкту і його давачів, подробиці по аварійному стану та інша інформація. Детальніше зміст спливаючих вікон стану обладнання розглянуто нижче. При натисканні правої кнопки з’являється контекстне меню.

### 3.8 Вікна стану обладнання споруд з індивідуальними тепловими пунктами з контуром опалення

При виборі ЛК миші об'єктів, які обладнані ІТП з контуром опалення, поверх основного відеокадру відображується вікно стану обладнання ІТП з доступними для АСДТ даними (рис. 3.10).

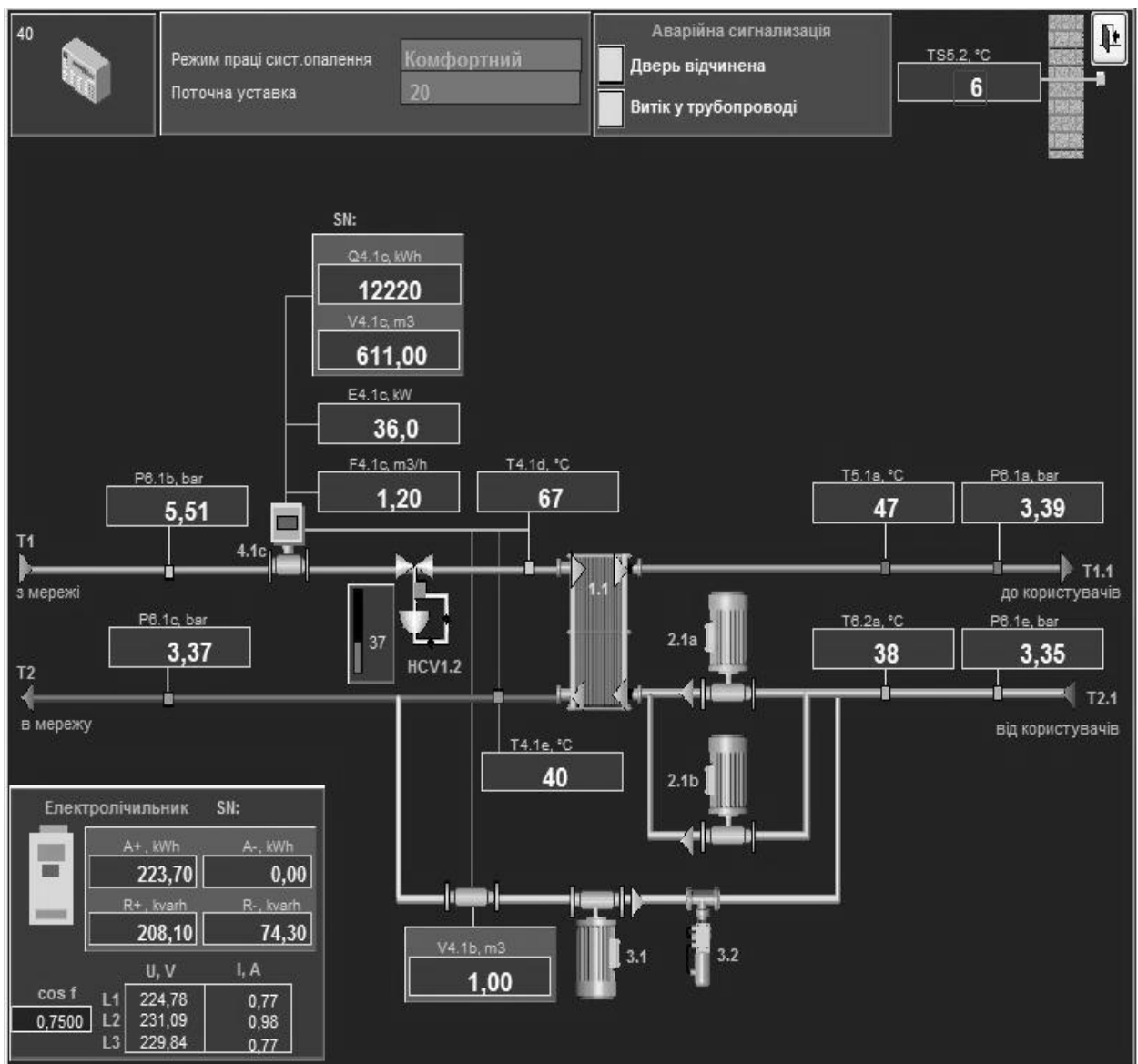


Рисунок 3.10 – Спливаюче вікно стану обладнання ІТП з контуром опалення



Під заголовком вікна відображується серійний номер теплового лічильника та фактичні значення спожитої теплової енергії в кВт·год (верхнє поле) та об'єму води в м<sup>3</sup> (нижнє поле) відповідно. Спожита енергія (накопичуване значення) та об'єм відображуються відповідно до прийнятого кольорового кодування на синьому полі.

Жовтим кольором відображується лінія підживлення контуру опалення з трубопроводною арматурою та підживлювальним насосом (рис. 3.11). Трикутником вказується напрямок нагнітання насосом теплоносія.



Рисунок 3.11 – Підживлювальна лінія ІТП з контуром опалення

Увімкнений стан насосів (клапанів) відображується у вікні зеленим кольором, вимкнений – сірим.


Крім параметрів, доступних АСДТ з теплового лічильника, до параметрів, які вимірюються та відображуються у вікні ІТП належать:

- тиск та температура теплоносія на подаючому трубопроводі перед теплообмінником (з боку тепломережі);
- тиск та температура теплоносія зворотньому трубопроводі перед теплообмінником (з боку тепломережі);
- тиск та температура теплоносія на подаючому трубопроводі після теплообміннику (з боку споживачів);
- тиск та температура на теплоносія зворотньому трубопроводі після теплообміннику (з боку споживачів);
- температура зовнішнього повітря (вказується у верхньому правому кутку вікна).

- положення регулюючого клапану системи регулювання температури контуру опалення.

Значення тиску відображується в бар (0,1 МПа), а значення температури – в °С.

В лівому нижньому кутку вікна розташовується інформація про лічильник електроенергії (серійний номер) та спожиту/згенеровану активну та реактивну електричну енергію в кВт·год та квар·год відповідно (рис. 3.12).



Електролічильник SN:01167059

A+, kWh	A-, kWh
955,90	0,00
R+, kvarh	R-, kvarh
1183,90	6,90
U, V	
cos φ	I, A
0,6000	L1 225,90 0,68
	L2 240,32 0,75
	L3 248,28 0,92

Рисунок 3.12 – Поле параметрів електроенергії

Споживана активна чи реактивна енергія відображується в полі А+ (R+), згенерована реактивна енергія відображується в полі R-. В цьому ж полі наводяться дані по миттєвих параметрах споживання електроенергії:

- фазні значення напруг та струмів по кожній фазі
- коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$ .

При натисненні клавіші F1 при відкритому вікні відповідного тепло пункту відкривається розгорнута панель керування ІТП, наведена нижче на рис. 3.12

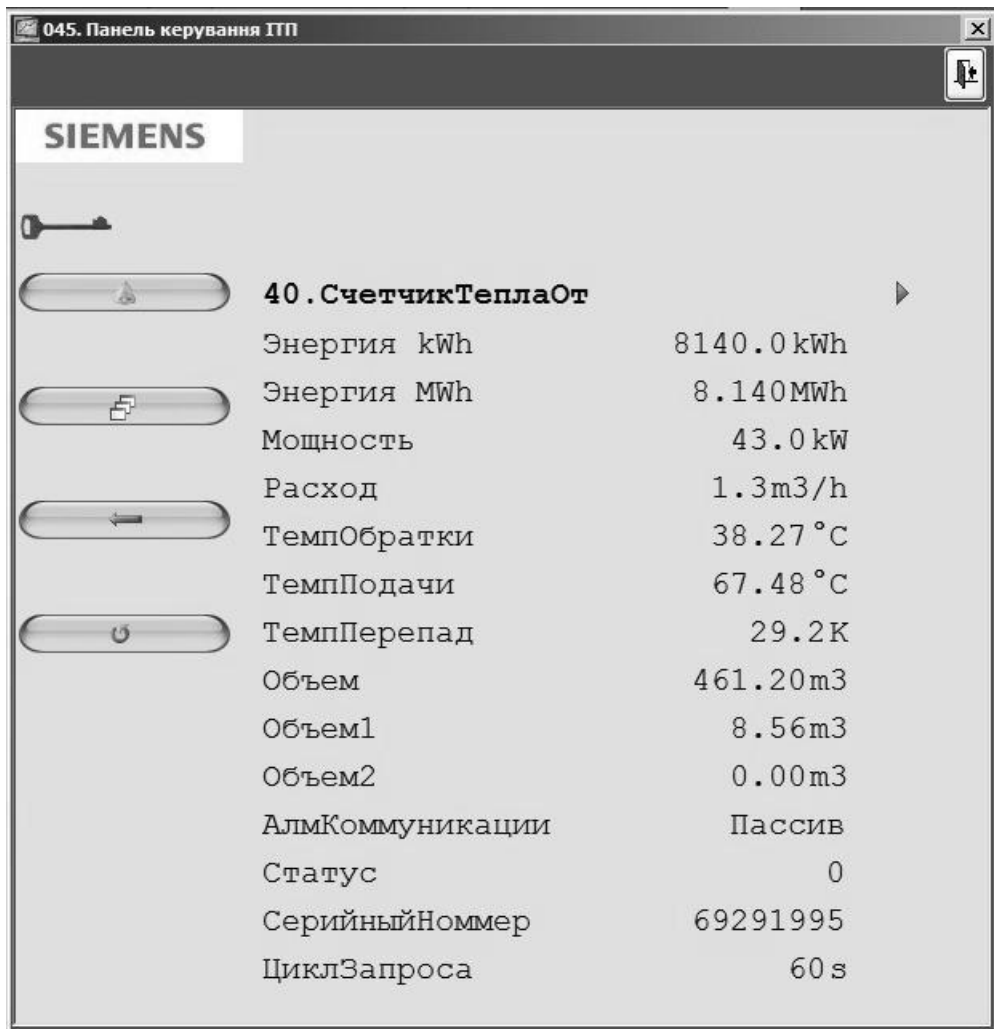


Рисунок 3.12 – Розгорнута панель керування ІТП

### 3.9 Програмування контролера для управління контуру опалення та гарячого водопостачання

Загальний вид контролера «Climatix POL 638.70/DH» компанії Siemens, та модуля «M-Bus» подано на рис. 3.13.



Рисунок 3.13 – Загальний вигляд контролера «Climatix POL 638.70/DH».

Використовуйте розгорнуту панель лише за необхідності детального перегляду даних з обладнання ІТП.

Автоматичні системи керування індивідуального тепlopункту являють собою комплексні системи на два контури керування (температура в трубопроводі подачі теплоносія в систему опалення та температура води в системі гарячого водопостачання) виконавчі механізми з приводами, виконавчі механізми прямої дії, датчики температури і тиску.

Система керування індивідуального тепlopункту повинна підтримувати температуру в трубопроводі системи внутрішньо-будинкового опалення у відповідності з температурною кривою кореляції між температурою у лінії подачі системи опалення та зовнішньою температурою.

Система керування складається з:

- контролера Climatix POL 638.70/DH фірми Siemens, модуля M-Bus, модуля

- розширення, GSM/GPRS модема;- датчиків температури MBT 3260 та датчиків тиску

- MBS 1900 фірми Danfoss;

- регулятора температури теплоносія VRB з приводом AMV фірми Danfoss;

- регулятора температури гарячої води VRB з приводом АМЕ фірми Danfoss; див. додаток А, та Б.

Для автоматичного регулювання перепаду тиску у споживача використовується

регулятор перепаду тиску прямої дії VHG 519L50.

В приміщенні ІТП передбачені прилади для виміру наступних параметрів:

- тиску в трубопроводах за допомогою манометрів ДМ 0,5;

- температури води теплоносія за допомогою рідинних термометрів СП-В.

Клас точності манометрів не нижче 2,5.

Шкала манометрів вибрана із умов, що при робочому тиску стрілка манометру буде знаходитись в середній третині шкали. На шкалі манометра нанести червону риску, що указує на максимально допустимий тиск.

Термометри на трубопроводах установлені в гільзах, а їх виступаюча частина захищена оправою.

### **Кнопки на контролері.**

Обертання і кнопки (ОК).

Використовується для навігації і меню змінити налаштування.

Обернути за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки кнопки можна виділити та змінити параметри налаштувань.

Вибравши опцію, ви повинні натиснути на кнопку (ОК) щоб підтвердити свій вибір.

Кнопка "ESC".

Використовують скасувати роботу або повернення один крок назад між окремими меню.

Тривожна кнопка.

Сортує сигналізації, відображаючи релевантні сигналізації та сигналізації історії.

Кнопка "Інфо" - Не використовується;

Головне Меню - Меню 50 - Час програми щотижневий розклад меню, опалення та гарячої води розклад;

Меню 60 – (ПеремиклітоЗима) Меню зміни режиму роботи літо/зима;

Меню 10 - ГВП Меню контура гарячої води (ГВП);

Меню 20 - Опалення Меню системи опалення, облік тепла;

Меню 42/43 - Облік тепла для теплотічильника опалення. Зчитування даних з меню теплотічильника і 2 водолічильників;

Меню 41 – ГВП для теплотічильника гарячої води;

Зчитування даних з меню теплотічильника гарячої води і 2 водолічильників

Меню 70 - Вхід вихід, меню для швидкого запису всіх каналів входу виходу.

Ввід паролю

Доступ до меню послуги з пароль -0000.

Після успішної реєстрації в системі з'являється індекс 4 в лівій частині дисплея (оператор інтерфейс НМІ). Якщо дисплей (НМІ) не використовується близько 10-30 хвилин (настроюваний), то автоматично блокує доступ і індекс 4 зникає.

Меню 80 - Конфігурації

Меню для збереження/завантаження параметрів на картці пам'яті або карті пам'яті.

Його можливо також використовуватися для оператора інтерфейс НМІ конфігурації.

Докладніше. Об'єкт активації меню (конфігурації).

Меню 50 - Час Програми

Використовується для автоматичного перемикання між режимами (ЕКО \* комфорт) заснований на щотижневій програмі і за певний період часу;

Опалення - тижневий розклад роботи контура опалення. Команди:

Скидання - Отримує за промовчанням розклад

Понеділок - (пасивний/активний)

Вівторок - (пасивний/активний)

Середа - (пасивний/активний)

Четвер - (пасивний/активний)

П'ятниця - (пасивний/активний)

Субота - (пасивний/активний)

Неділя - (пасивний/активний)

ГВП Щотижневий розклад роботи контуру гарячої води для побутових потреб. Команда:

Скидання - Отримує за промовчанням розклад

Понеділок - (пасивний/активний)

Вівторок - (пасивний/активний)

Середа - (пасивний/активний)

Четвер - (пасивний/активний)

П'ятниця - (пасивний/активний)

Субота - (пасивний/активний)

Неділя - (пасивний/активний)

Пасивний - не активний день і програма переходить – в період «Еко».

Активний - активного дня і програми час знаходиться в періоді "Комфорт".

Понеділок... Неділя установка періодів комфорту

Ви можете налаштувати до 3 разів на день.

Period1 6:00-22:00

Period2 \*: \* \*: \* \*

Period3 \*: \* \*: \* \*

\*\*:\*\* Не активний період

Меню 60 - Переключення літо зима

Використовується для переключення контуру опалення між літній/зимовий період, вручну або автоматично, відповідно до періоду і температури зовнішнього повітря.

Як правило, контролер вмикається залежно від температури зовнішнього повітря або вручну.

В принципі передбачені 2 незалежних функцій:

Перехід від літа в зимовий режим

Перехід з дня на день

Літній/зимовий режим вимикач працює відповідно до встановленого режиму Переключення літо зима = авто \* дата \* літній \* зимовий

Авто - Ця функція працює на основі температури середньої зовнішньої темпратури;

Дата - Зимовий сезон відзначений конкретною датою;

Літо - Ручний літній режим роботи = опалення вимкнено;

Взимку - Ручний зимовий режим роботи.

Температура переключення для переходу на літній/зимовий режим представлена на рис. 3.14

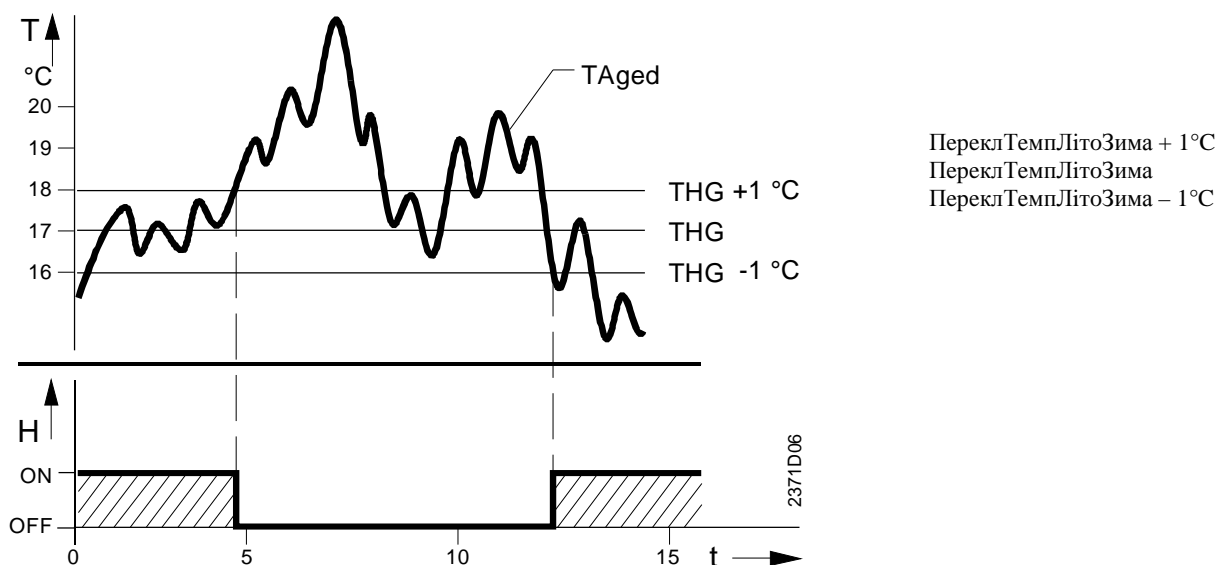


Рисунок 3.14 - Діаграма: відображення фактичного рівня.



День перемикається і діє на основі температури зовнішнього повітря (рис. 3.15). В тому випадку, коли температура зовні вище, ніж фактичні кімнатної температури заданої + Temp ЕКО, Опалення вимикається (Status ЕКО = активні).

TempЕКО - Температури для перемикання (літо)

Статус - (пасивний/активний) статус перемикання.

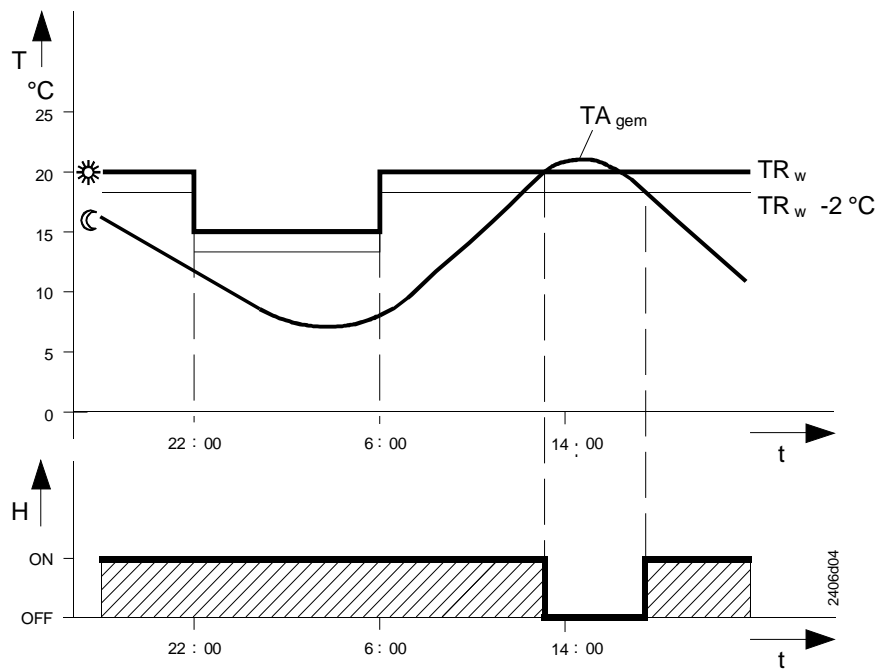


Рисунок 3.15 - Діаграма - Перемикання день.

Початок ОпалювПеріода / Кінець ОпалювПеріода - Визначення зимового сезону. Фактичне значення, пов'язані з переключеннями:

Активна ЗовнішняТемп (Т,А) - Температура повітря фактична

ЕффЗовнішняТемпер - (Транку) OutsideTempFictive (Транку) Складова (ефективно використовується) температури зовнішнього повітря, відфільтровані за допомогою константу часу.

Середня ЗовнішняТемп (ТAD) - середня зовнішня температура повітря протягом останніх 3 днів (рис. 3.16).

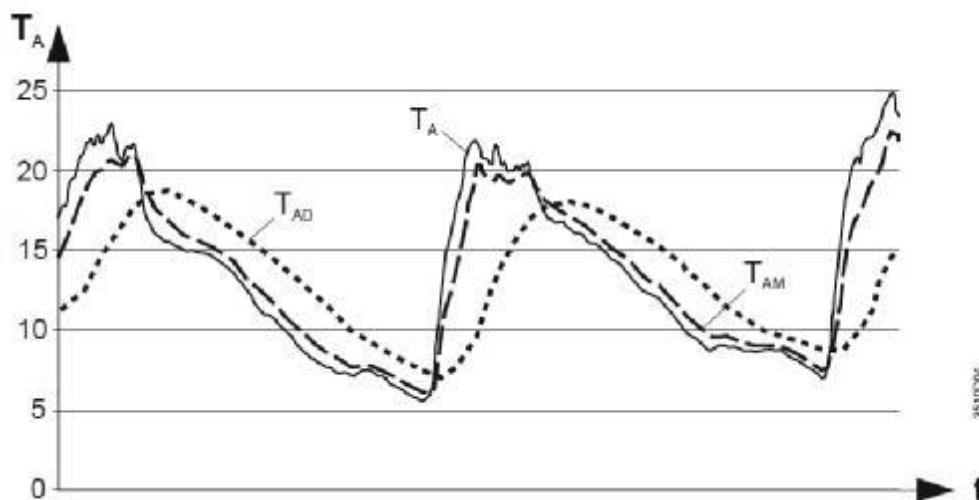


Рисунок 3.16 - Середня зовнішня температура повітря.

Константа будівлі - постійна константа часу являє собою тип параметри будівлі. При більш високих значеннях цього параметра, контролер реагує повільніше на коливання температури зовнішнього повітря.

10 год - Легка конструкція

20 год - Середня конструкція

50 год - Міцна конструкція

Меню 10 - ГВП

Система управління НВП відбувається на базі режимів роботи з різними вставками температури. Наступні режими роботи: авто \* вимкн. \* Еко \* комфорт.

ГВП (авто \* вимкн. \* Еко \* комфорт) - вибір режиму ГВП

Команди системи управління:

Авто - Цей режим встановлений на основі часу програми (розклад), які автоматично перемикаються між Еко та комфорт, в залежності від періоду часу;

Комфорт - постійний комфорт (Комфорт), нагріву гарячої води у відповідності до вставки;

Еко Режим - постійної економії (ЕКО), нагріву гарячої води у відповідності до вставки;

Вимкнено - постійний режиму вимкнено гаряча вода, Нагрів води фіксується на 5 ° c;

Режим Час Програм - (Ввімкн \* ProgГВП \* ProgВимкне) призначення програми часу для режиму ГВП = авто;

Ввімк ГВП - постійно в режимі комфорт;

Прогр ГВП - визначається залежно від часу програми (розклад) гарячої води;

ProgВимкн Режим ГВП - визначається програмою часу нагріву;

Статус - (тест \* служби \* тривога \* блок \* сигналізації \* ручний \* КомнУст \* авто);

Тест - Перевірка вхід / вихід;

Послуги - для цілей обслуговування;

Тривога – небезпека;

Блок - функція блокування;

Сигналізація - тривога є активною;

Ручний - ручне керування;

КомнУстр - керування з стаціонарного пристрою;

Авто - автоматичне управління відповідно до режиму ГВП;

Уставка Комфорт - Установка температура гарячої води для режиму ГВП = комфорт;

Уставка ЕКО - Установка температура гарячої води для режиму ГВП = Еко;

Меню 100. Установка ГВП

Основна вставка температури може бути обмежена. Є 2 типи обмежень:

Обмеження на верхню і нижню межі

Обмеження швидкості росту температури (лінійного зміни)

Акт Уставка - показники фактичної температури в обох режимах, ЕКО, комфорт;

Статус Індикація - фактичного стану активного обмеження;

Хв - Мінімальні обмеження;

Макс - Максимально обмежити;

Рамка Вверх - ° С/хв максимальний ліміт збільшення уставок;

Рампа Вниз - ° С/хв Максимум обмеження зниження ліміту заданих уставок.

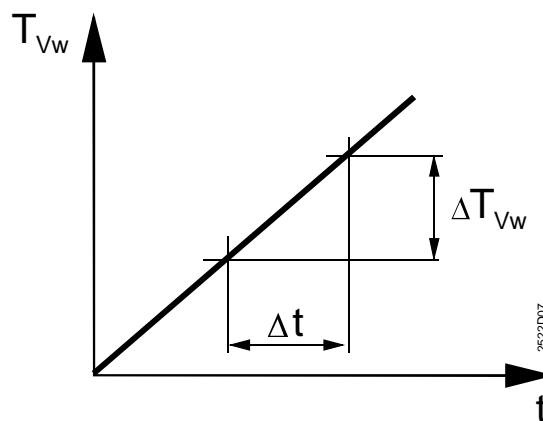


Рисунок 3.17 - Діаграма змін температурних режимів.

Темп збільшення заданої температури води, можна обмежити максимальне значення ліміту зростання. При цьому, при цьому максимальний темп збільшення температури буде задана (° с на годину).

Ця функція:

запобігає появі шуму в трубопроводі;

захищає деталі та матеріали що бояться швидкого температурного стрибка (наприклад старі будівлі);

не допускає надлишкового перевантаження на теплогенерувальне устаткування.

Меню 135. Обмеження температури нагріву - обмеження температури змішування.

Це меню використовується для запобігання утворення в теплообміннику високої температури, обмежуючи температуру подачі.

Меню - Температура Нагріву ГВП.

Це меню включає в себе окремий контролер ПД (контролер), використовується для обмеження змішування температури нагріву ГВП.

Програмна логіка закриває клапан, якщо температура ГВП перевищує параметр настройки.

Уставка ПД - регулятора налаштування для змішування температури нагріву;

ТекЗначення - ПД вводу для значення фактичної температури нагріву;

Поломка - відображає повідомлення нагадування, якщо такі є.

ПД регулятора може бути заблоковано через тривогу або в результаті запрограмованих логіки послідовності дій.

Актив - діє під регулятор - це нормально, під час роботи.

Пасив - ПД контролер не діє. Цей стан означає, що ПД блокується, і немає обмеження межі температури Змішування ГВП/НwTМіх;

Вихід - показує фактичний вихід ПД контролеру виводу;

P- фактор - Налаштування ПД пропорційного фактору;

I- фактор - Налаштування коефіцієнту інтегрального управління ПД;

Меню 140. Вкл - ТепНасосу – Перемикач циркуляційного насосу

Перемикач циркуляційний насос виконує включення циркуляційного насосу відповідно до режиму: авто режим циркуляції ГВП і наступними параметрами.

Періодичне перемикання вкл/викл. (натискання вкл/викл) щоб запобігти механічному заклиненню, якщо насос не був використаний протягом тривалого періоду.

Циклічність (Ні \* так) - визначення періодичних роботи циркуляційний насос;

Час включення - час дії циркуляційний насос при активації циклічних операції;

Час вимкнення - час відключення циркуляційних насосів при активації циклічних операції;

Уставка Заданої температури циркуляції. Ця опція включена за допомогою температурного датчику, коли він досягне вказаної температури насос вимикається.

Меню 150.

ЦиркНасос - Циркуляційний насос ГВП

РучнеЗначення - показує поточний стан застосування насосу;

Вихід Стан - фізичного виходу насоса;8

ЗворотнійЗв'язок - показує фактичні дані входу статус зворотного зв'язку сигналу, контролер-насос;

Статус - відображає стан насоса;

ЧасРоботи - показує час роботи в годинах, насосу;

БлокуванняТиску - заданя мінімального тиску для блокування насосу;

Меню 180. НасосНагріву - Змішувальний насос для гарячої води

РучнеЗначення - показує поточний стан застосування насосу;

Вихід - стан фізичного виходу насоса;

ЗворотнійЗв'язок - показує фактичні входу статус зворотного зв'язку сигналу, контролер-насос;

Статус - відображає стан насоса;

ЧасРоботи - показує час роботи в годинах, насосу;

РежимРоботи - (авто \* вимкн \* ввімкн) прямий контроль над насос може бути використаний для сервісних цілей:

- Авто - насос працює за заданим циклом (автоматичний режим)
- Виключ - насос відключено (ручний режим)
- Включ - насос перейшов на (ручний режим)

Такі параметри використовуються для спеціальної окремої логіки подій, для управління насосом змішуванням гарячої води, згідно з вимірюванням 2 температур.

Меню 20. Опалення:

Управління контуром опалення здійснюється при різних величинах кімнатної температури в наступних режимах: Авто\*Вимкн \* Еко \* Комфорт.

Режим (Авто\*Вимкн \* Еко \* Комфорт )- вибір режиму роботи опалення;

Авто - цей режим визначається на основі часу програми (розклад), що автоматично перемикає між Еко та Комфорт в залежності від періодів часу;

Комфорт - постійний комфортний режим опалення відповідно до уставки комфорт;

Еко - постійний економний режим опалення відповідно до уставки Еко;

Вимкн - Опалення вимкнено.

Режим установки - (Вимкнено \* ввімкнено \* опалення \* охолодження \* Обмеження ) фактичний рівень нагрівання режиму опалення;

Статус - (тест \* служби \* тривога \* блок \* сигналізації \* інструкції \* Командне \* авто);

Тест - Перевірка вхід /вихід;

Послуги - Для цілей обслуговування;

Тривога – Небезпека;

Блок - Функція блокування;

Сигналізація - Активні сигналізації;

Керівництво - Ручне керування;

Командне - Керування зі стаціонарного пристрою;

Авто - Автоматичне управління відповідно до режиму;

УставкаКомфорт - Температура уставки для режиму = комфорт;

УставкаЕко - Температура уставки для режиму = Еко;

Меню 200. КриваОпалення – Крива опалення

Задана температура розраховується як за допомогою заданої кімнатної ефективної температури, температура навколишнього повітря і відкоригованої кривої опалення.

Уставка - обчислена уставка опалення;

Алгоритм керування має 2 види кривих визначених крутизною нахилу або 3 точками.

Тип (Нахил \* 3 точки)

Нахил - Крива розраховується за наступну діаграму крутизни (рис. 3.18).

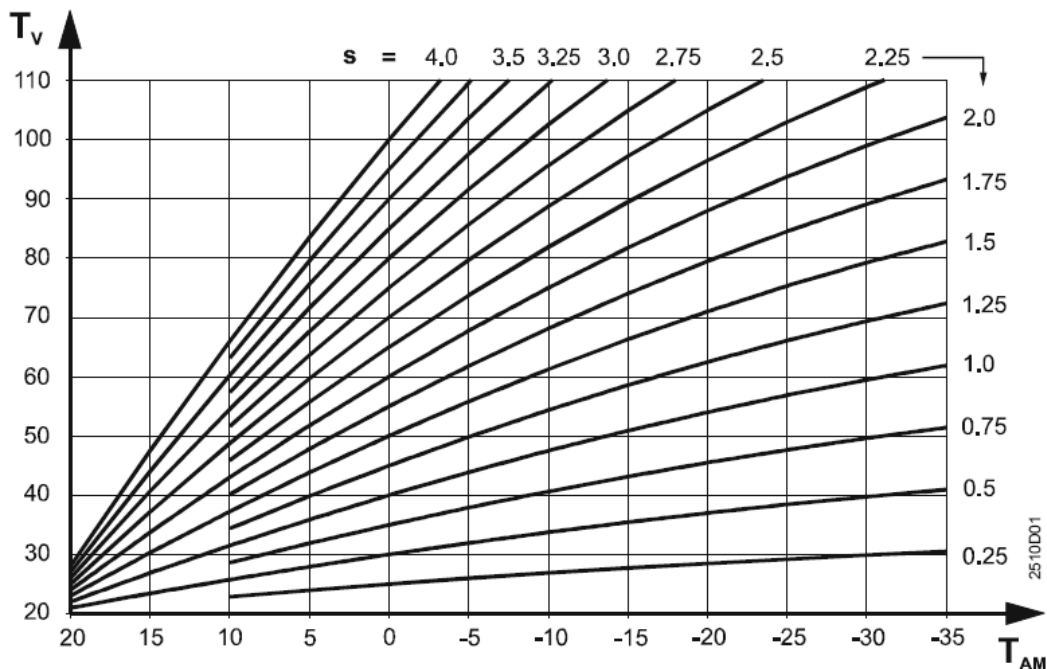


Рисунок 3.18 - Криві температурних вставок

3 точки - опалювальна крива визначається 3 точками Вихід = ефективної температури зовнішнього повітря, потік = заданої температури теплоносія:

1. точки - визначає першу точку кривої
2. точки - визначає другу точку кривої
3. точки - визначає третю точку кривої



уставкиПриміщення - Показує, уставку ефективної температури в приміщенні, це значення викликає паралельний зсув кривої опалення. Якщо УставкаТемператОт = 20° c =>=> тоді зсув відсутній.

ЕфектЗовнішняТемпер - Показує відфільтровану температуру зовнішнього повітря.

Меню 210. ОбмеженняУставки – уставка температури теплоносія на подачі.

Обчислена уставка опалення може бути обмежено. Є 2 типи обмежень:

- Обмеження на верхню і нижню межі
- Обмеження темпу росту температури опалення

ТекУставки - Показує фактичного настрійку опалення після обмежень;

Хв - Мінімальні обмеження;

Макс - Максимально обмежити;8

РампаВверх - Максимальний ліміт збільшити уставок;

РампаВниз - Максимальний ліміт зниження ліміту заданої уставки;

Темп зростання заданої температури води, ви можете обмежити максимальний ліміт росту. При цьому, максимальні темпи росту заданої температури буде вибрана температура в одиницю часу (° c на годину).

Ця функція...

запобігає шуму в трубопроводах;

захищає об'єкти і матеріали, які чутливі до швидкого збільшення температури (наприклад в старих будівлях);

недopusкає надмірного навантаження на теплогенеруюче обладнання.

Меню 220. ТекЗначеня - Фактичного вимірювання температура теплоносія

ТемпЗовнішня - Показує фактичну температури зовнішнього повітря;  
ТемПодачі - Показує фактичну температуру теплоносія постачання;  
ТемпЗвороту - Показує фактичного температуриу теплоносія звороту;  
ТискПодачі 1 - Показує фактичний тиску в подачі;  
ТискПодачі 2 - Показує фактичний тиску в подачі;  
ТискЗвороту - Показує фактичний тиску в зворотній трубі;

Меню 230. Контролер - Контролер (регулятор) опалення показує фактичні значення на виході регулятора

Уставка - уставка контуру регулювання опалення;

ТекЗначення - Температура контуру в циклі системи опалення;

Несправність - (пасивний/активний) стан відхилення від фактичного значення . (Пасивний = ОК, Актив = відмова);

Дозволу - (пасивний/активний) Ввімкнення керування контуру гарячої води (активний = вихід активний, пасив = вихід пасивні);

Вихід - Обчислюваний елемент керування виводу (ПД);

P- фактор - Пропорційної частина ПД регулювання;

(I)- фактор - Інтегральна частина ПД регулювання;

(D)- фактор - Диференціальна частина регулювання ПД;

Меню 240. Насос -насос опаленням А та насос (Б)

Показує вихід з ладу насоса (насос або А насоса (В));

Значення, пов'язані з насоса (А) або (Б);

Командні параметри:

РежимНасосу - Показує поточний спосіб застосування насосу;

Статус - Відображає стан насоса;

Вихід - Стан фізичного виходу насосу;

Зворотній Зв'язок - Зворотній зв'язок true працює, насос вказує фактичний вхід статус зворотного зв'язку сигналу регулятора для зворотного зв'язку насосу;

ЧасРоботи - Загальний час роботи обох насосів;

ЗатримкаВимкнення - Після закінчення зникнення теплового навантаження;

Пріоритет - Пріоритет основного насосу (А) або (В);

Авто - переведення основного насосу при виходу часу, визначеного в ЧасПереключНасосу;

Насос А - Насос А основний насос;

Насос Б - Насос Б основний насос;

ЧасПереклНасос - час автоматичного переключення насосу;

ЧасРоботиА - Час в годинах роботи насоса А;

ЧасРоботиБ - Час в годинах роботи насоса А;

БлокуТиску - установка тиску для захисту насосу;

Меню 270. КерувНавант - Управління тепловим навантаженням

Пульт дистанційного керування функцією теплового навантаженнями. Ця функція для дистанційного керування навантаженням опалювального контуру. Він дає можливість для перевірки сигналу блокування та посилення.

Блокування - Скорочення споживання тепла;

УмиснийСигнал - Збільшення споживання тепла;

Меню - Тривога

При появі сигналу тривоги на дисплеї з'явиться символ. Натиснувши кнопку навігації в меню "тривога".

Коли ви натискаєте кнопку сигналізації, наступні параметри буде відображено на дисплеї.

Меню СписокНесправностей - Перелік відповідних тривог.

Користувач має натиснути кнопку сигналізації, потім з'являться на дисплеї наступні параметри:

Підтвердження (пасивний/активний) - Підтвердження всіх  
сигналізації;

X5\_ТискОбратки - Несправність вид тривоги;

Menu ЖурналНесправностей

Список аварійних сигналів

Alarm1 Сигнал тривоги1

Alarm2 Сигнал тривоги2

Alarm використовується в системі SCADA (система контролю та  
управління)

## 4 Науково-дослідна частина

### Моделювання системи автоматичного регулювання співвідношення витрати паливо/повітря

Функціональна та структурна схема системи регулювання співвідношення витрати паливо/повітря представлена на рис. 4.1.

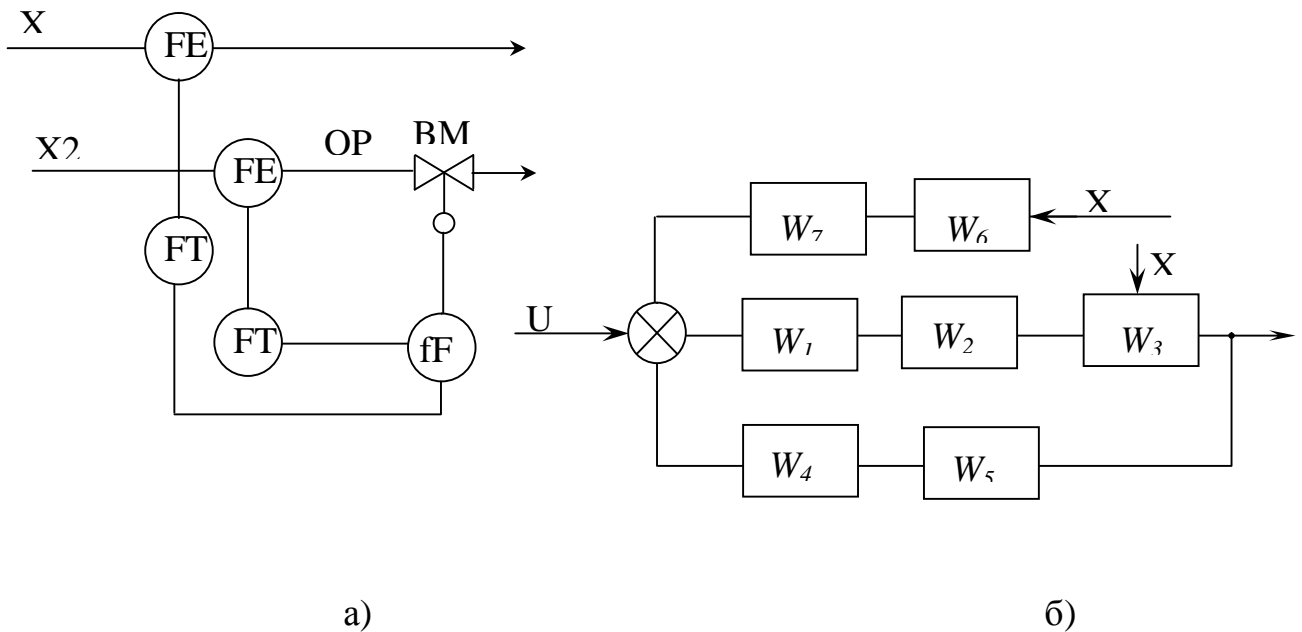


Рисунок 4.1 Функціональна (а) та структурна (б) схеми регулювання співвідношення витрати паливо/повітря.

Такі системи застовуються для регуляції двох технологічних параметрів, що повинні бути пропорційно залежними. В нашому випадку така система регулює співвідношення газ/повітря, яке має бути 1:10.

Вона містить замкнуту одно контурну систему регулювання, що зветься веденою та ланку збурення – ведучу ланка. Якщо зміниться витрата  $X_2$ , то система регулювання шляхом зміни поперечного перерізу трубопроводу виконавчим механізмом, поверне її до попереднього значення. Але вразі зміни витрати  $X_1$  система регулювання має відповідно змінити витрату  $X_2$ , причому пропорційно витраті ведучого потоку.

Передаточна функція по каналу  $X_1-Y$ , буде мати вигляд:

$$W_1 = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_6 \cdot W_7}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_4 \cdot W_5} . \quad (4.1)$$

Передаточна функція по каналу  $X_2-Y$  буде мати вигляд:

$$W_2(p) = \frac{Y(p)}{X_2(p)} = \frac{W_3}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_4 \cdot W_5} . \quad (4.2)$$

Знайдемо передаточну функцію  $W(p) = \frac{X_1(p)}{X_2(p)}$ :

$$W(p) = \frac{W_2(p)}{W_1(p)} = \frac{X_1(p)}{X_2(p)} = \frac{1}{W_1 \cdot W_2 \cdot W_6 \cdot W_7} . \quad (4.3)$$

Звідси видно, що динамічні параметри об'єкта регулювання системи другого потоку не впливають на динамічні параметри системи регулювання співвідношення параметрів.

При зміні задачі регулятора передаточна функція по каналу  $U-Y$  матиме вигляд:

$$W_p(p) = \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_4 \cdot W_5} . \quad (4.4)$$

Систему регулювання потрібно прослідкувати по каналах  $X_1-X_2$  для знаходження якості регулювання співвідношення параметрів, а по каналу  $U-Y$  для визначення якості регулювання у випадку зміни завдань.

Розрахуємо коефіцієнти настроювання регулятора за методикою наведеною в [4]. Виберемо регулятор з ПІ законом регулювання.

Передаточна функція регулятора:

$$W_1(p) = K_p \frac{\infty}{e} + \frac{1}{T_p} \frac{\ddot{\circ}}{\times P} = K_p \frac{T_p j\omega + 1}{T_p j\omega}. \quad (4.5)$$

В даному випадку об'єктом регулювання є трубопровід подачі повітря до пальників. Передаточна функція об'єкта регулювання буде мати вигляд:

$$W_o = \frac{e^{-t \times p}}{T_o p + 1}, \quad (4.6)$$

час запізнення в трубопроводі складає 2 секунди, стала часу об'єкту регулювання  $T_o = 1$  с.

Передаточна функція виконавчого механізму:

$$W_{BM} = \frac{K_{BM}}{T_{BM} p + 1}; \quad (4.7)$$

стала часу виконавчого механізму становить 2 с, коефіцієнт підсилення 20.

Давача витрати:

$$W_{33} = K_{33}; \quad (4.8)$$

Коефіцієнт підсилення ланки зворотнього зв'язку –  $0,2 \frac{mA}{MPa}$ .

Передаточна функція нормуючого перетворювача дорівнює 1.

Запишемо передаточна функцію по каналу  $U-Y$ :

$$W(p) = \frac{W_1 W_{BM} W_o}{1 + W_1 W_{BM} W_o W_{33}}. \quad (4.9)$$

Виділимо передаточну функцію еквівалентного об'єкта керування, будемо мати:

$$W_{EO}(p) = W_{BM} W_O W_{33}. \quad (4.10)$$

З врахуванням (4.5, 4.6, 4.7, 4.8) отримаємо:

$$W_{EO}(p) = \frac{K_{BM} K_{33}}{(T_{BM} p + 1)(T_o p + 1)} e^{-t_{\Sigma} p}; \quad (4.11)$$

Амплітудно-частотна характеристика еквівалентного об'єкта керування:

$$A_o(\omega) = \frac{K_{BM} K_o K_{33}}{\sqrt{(T_o^2 \omega^2 + 1)(T_{BM}^2 \omega^2 + 1)}}. \quad (4.12)$$

Фазово-частотна характеристика еквівалентного об'єкта керування:

$$j_o(\omega) = -(\arctg(T_{BM} \omega) + \arctg(T_o \omega) + \omega t_{\Sigma}).$$

Для одноконтурних систем автоматичного регулювання передаточна функція і амплітудно-фазова характеристика розімкнутої системи виражається однозначно через добуток передаточної функції або амплітудно-фазової характеристики регулятора та об'єкту регулювання по каналу регулюючої дії і не залежить від передаточної функції об'єкту регулювання по каналу збурюючої дії.

Таким чином, якщо задати певну конфігурацію графіка амплітудно-фазової характеристики розімкнутої системи  $W_{p.c.}(j\omega)$ , яка, як відомо, цілком



і повністю визначає динамічні властивості замкнутої системи, і знаючи амплітудно-фазову характеристику об'єкту регулювання по каналу регулюючої дії  $W_{om}(j\omega)$ , то можна визначити параметри настроювання регулятора.

Передаточна функція розімкнутої системи

$$W_{P.C.}(p) = W_{om}(p) \cdot W_p(p)$$

В загальному випадку передаточна функція замкнутої системи по каналу завдання

$$W_{з\text{з}} = \frac{j_3(p)}{j_3(p)} = \frac{W_{P.C.}(p)}{1 + W_{P.C.}(p)} = \frac{W_{P.C.}(p)}{W_{X.П.}(p)} \quad (4.13)$$

Передаточна функція характеристичного полінома

$$W_{X.П.}(p) = 1 + W_{P.C.}(p) \quad (4.14)$$

Амплітудно-фазова характеристика замкнутої системи по каналу завдання

$$W_{P.C.}(j\omega) = \frac{j_3(j\omega)}{j_3(j\omega)} = \frac{A_{P.C.}(\omega)}{A_{X.П.}(\omega)} e^{-j[f_{P.C.}(\omega) - f_{X.П.}(\omega)]} \quad (4.15)$$

Такі показники якості, як максимальне відхилення від положення рівноваги та статична похибка регулювання визначаються тільки властивостями передаточної функції замкнутої системи по збурюючій дії і не може внесені в показники якості, які визначаються передаточною функцією замкнутої системи по керуючій дії.

Інші показники якості – мінімум площі процесу регулювання, перерегулювання та аперіодичність процесу регулювання, досить важко однозначно виразити через передаточну функцію замкнutoї системи по керуючій дії.

Час регулювання однозначно зв'язаний з резонансною частотою

$$t_p \gg \frac{3\pi}{\omega_p} \quad (4.16)$$

Це вказує на те, що для збільшення швидкодії системи автоматичного регулювання (збільшення часу регулювання) необхідно прогнати до максимального підвищення резонансної частоти  $\omega_p$ . Підвищення резонансної частоти може бути досягнуто тільки застосуванням більш досконалого регулятора.

Таким чином залишаються тільки показники якості, які однозначно зв'язані з амплітудно-фазовою характеристикою системи розімкнутої системи: це показник коливальності  $M$  і запас стійкості по модулю та фазі, причому запас стійкості по модулю та фазі визначають тільки роботоздатність системи автоматичного регулювання і при визначеному показнику коливальності  $M$  вони можуть гарантовані не менше певної величини, які однозначно залежать від показника коливальності  $M$ .

Отже, визначення параметрів настроювання регуляторів одноконтурних систем можна виконувати з достатньою для практики точністю по одному показнику коливальності  $M$ :

$$M = \frac{A_{3j_3}(\omega_p)}{A_{3j_3}(0)} \quad (4.17)$$

Як показали проведенні дослідження найкращі перехідні процеси по управляючій дії і по збуренню отримуються по показнику коливальності  $M=1,6$ . При цьому перерегулювання не перевищує 30% а найбільше відхилення параметра регулювання при внутрішніх збуреннях не перевищує 10%. Так як амплітудно-фазові характеристики розімкнутих систем регулювання виробничих процесів являють собою плавні спіралі, які накручуються на початок координат, вони не мають відхилень від закону монотонного спадання модуля розімкнутої системи. Це дає можливість визначати модулі і фазові кути розімкнутої системи при резонансній частоті в точках дотику амплітудно-фазової характеристики розімкнутої системи з окружністю індексу  $M$ .

Точка дотику амплітудно-фазових характеристик різних систем з окружністю індексу  $M$  визначають модулі розімкнутої системи  $A_{p.c}(w_p)$ , модулі характеристичного полінома  $A_{x.n}(w_p)$  при резонансних частотах, а також їх фазові кути  $f_{p.c}(w_p)$ ,  $f_{x.n}(w_p)$ ,  $f_{z_j}(w_p)$ . Величини цих модулів і значення фазових кутів приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Характеристика системи.

Система		$A_f$	$f_{p.c}(w_p)$	$A_{x.n}(w_p)$	$f_{x.n}(w_p)$	$A_{z_j}(w_p)$	$f_{z_j}(w_p)$
Статична		0,683	$-160^0$	0,427	$-33^010'$	1.6	$-126^050'$
Астат	Першого порядку	0.808	$-150^0$	0.505	$-53^010'$	1.6	$-96^050'$
	Другого порядку	1.19	$-141^030'$	0.744	$-84^050'$	1.6	$-56^040'$

Значення фазових кутів регуляторів при резонансній частоті для П- і І-законів регулювання очевидно, так як вони постійні для всіх частот і відповідно рівні  $0^0$  і  $-90^0$ . Фазові кути регуляторів ПІ-, ПД-, і ПІД-законів

регулювання визначались із умов законів регулювання і інерційності регулятора. Оптимальними кутами при резонансній частоті для ПД-регулятора буде 0 градусів, для ПІ-регулятора  $-26^{\circ}30'$  і для ПД-регулятора  $+26^{\circ}30'$ .

Таким чином, знаючи фазовий кут регулятора, визначаємо фазовий кут об'єкта регулювання при резонансній частоті:

$$f_{om}(w_p) = f_{P.C.}(w_p) - f_p(w_p) \quad (4.18)$$

по якому визначаємо резонансну частоту.

Для визначення резонансної частоти визначаємо фазово-частотну характеристику об'єкта регулювання по каналу регулюючої дії в вузькому діапазоні частот, поблизу фази розімкнутої системи мінус фаза регулятора:

для статичного об'єкта:

$$f_{om}(w_p) = - (wt + \dot{a} \operatorname{arctg} T_I w); \quad (4.19)$$

$$f_{om}(w_p) = f(w_p).$$

Будуємо ділянку кривої (рис. 4.2):

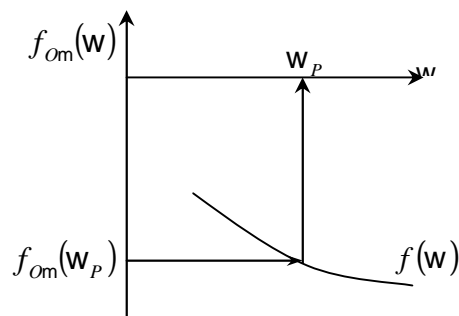


Рис. 4.2

потім по осі ординат відкладаємо значення:

$$f_{om}(w_p) = f_{P.C.}(w_p) - f_p(w_p)$$

А по осі абсцис відкладаємо відповідну резонансну частоту  $\omega_p$ .  
Наприклад, для астатичної системи першого порядку астатизму:  
 $f_{p.c.}(\omega_p) = -150^\circ$ , (див. табл. 41).

Для ПІ-регулятора  $f_m(\omega_p) = -26^\circ 30'$ , тоді

$$f_{om}(\omega_p) = f_{p.c.}(\omega_p) - f_p(\omega_p) = -150^\circ + 26^\circ 30' = -123^\circ 30'$$

Це значення фазового кута об'єкта регулювання відкладаємо по осі ординат. Потім при знайденому значенні резонансної частоти, визначаємо модуль об'єкта регулювання:

Для статичного об'єкта:

$$A_{om}(\omega_p) = \frac{K_0}{\sqrt{\sum_1^n (T_i^2 \omega_p^2 + 1)}} ; \quad (4.20)$$

Тоді модуль регулятора при резонансній частоті:

$$A_{om}(\omega_p) = \frac{A_{p.c.}(\omega_p)}{A_{om}(\omega_p)} ; \quad (4.21)$$

Із рівностей амплітудно-частотної і фазово-частотної характеристики регулятора визначаємо коефіцієнт підсилення регулятора і постійні часу.

Наприклад, для ПІ-регулятора:

$$f_p(\omega_p) = -26^\circ 30' = -\frac{\pi}{2} - \arctg(T_i \omega_p) \quad (4.22)$$

Звідки визначаємо постійну часу регулятора  $T_1$ :

$$A_p(w_p) = \frac{A_{p.c.}(w_p)}{A_o(w_p)} = \frac{K_p}{T_I w_p} \sqrt{T_I^2 w_p^2 + 1} \quad (4.23)$$

і визначаємо коефіцієнт підсилення регулятора  $K_p$ .

Скористаємося даною методикою для розрахунку настроювань регулятора. З врахуванням (4.6, 4.7, 4.8) амплітудно частотна характеристика об'єкта буде мати вигляд:

$$A_o(w) = \frac{10}{\sqrt{(w^2 + 1)(4w^2 + 1)}}.$$

Фазово-частотна характеристика:

$$j_o(w) = -(\arctg(2w) + \arctg(w) + 2w).$$

Графіки фазово-частотної та амплітудно-частотної характеристики об'єкту регулювання представлені на рис. 4.3 та рис. 4.4 відповідно.

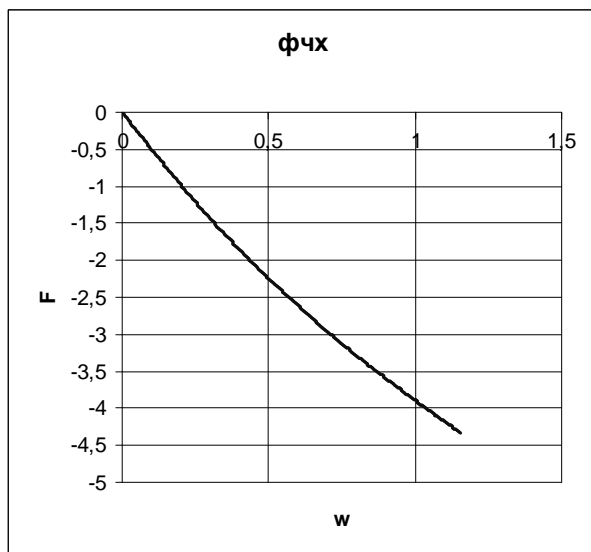


Рис. 4.2

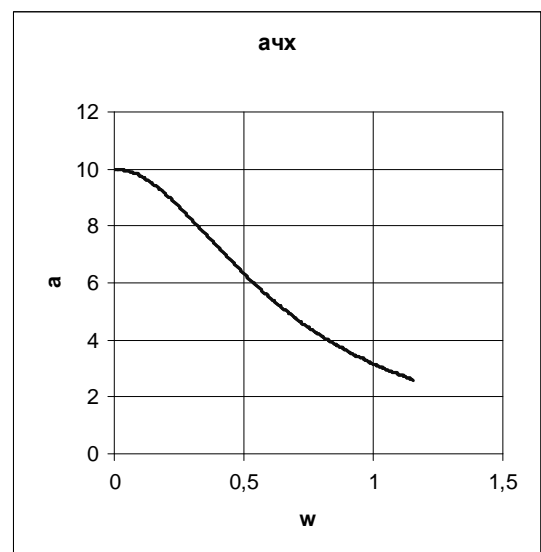


Рис. 4.4

Оскільки при застосуванні ПІ-регулятора система регулювання є астатичною, то за табл. 4.1  $A_{P.C.}(w_p) = 0.808$ .

Фазовий кут ПІ-регулятора складає  $-26^{\circ}30'$ , тоді вираз

$$f_{om}(w_p) = f_{P.C.}(w_p) \cdot f_p(w_p) = -150^{\circ} + 26^{\circ}30' = -123,5^{\circ},$$

або в радіанах 2,154.

З вигляду фазово-частотної характеристики як показано на рис. 4.3 графічним методом знаходимо  $w_p$ . Отже,  $w_p = 0,475$ ,  $A_o(w_p) = 9,04$ .

Для визначення  $T_i$  використаємо (4.22), а для  $K_p$  (4.23). Після проведення розрахунків отримаємо:  $T_i = 4,22$ ,  $K_p = 0,07998$ . Приблизний час регулювання за (4.16) складає

$$t_p \approx \frac{3\tau}{w_p} = \frac{3 \cdot 3,14}{0,475} = 19,8 \text{ с.}$$

Отримані значення налаштувань ПІ-регулятора забезпечує перерегулювання не більше 30%, і максимальне відхилення параметра регулювання при внутрішніх збуреннях не перевищують 10%. Перехідна характеристика системи регулювання з даними коефіцієнтами налаштувань регулятора показана на рис. 4.5. Аналізуючи отриману перехідну характеристику бачимо, що час регулювання складає 20 с, перерегулювання становить 10%.

Розглянемо вплив параметрів налаштувань ПІ-регулятора на вигляд перехідного процесу. При зміні  $K_p$  кожний вектор комплексної частотної характеристики збільшується в  $K_p$  разів. При збільшенні  $K_p$  КЧХ розімкнутої системи наближується до критичної точки  $(-1; j0)$ . Коливальність в системі поступово збільшується. При перетинанні точки  $(-1; j0)$  замкнута система знаходиться на межі стійкості, виникають

незатухаючі коливання. При оминанні точки  $(-1; j0)$  замкнута система нестійка, амплітуда коливань в системі зростає.

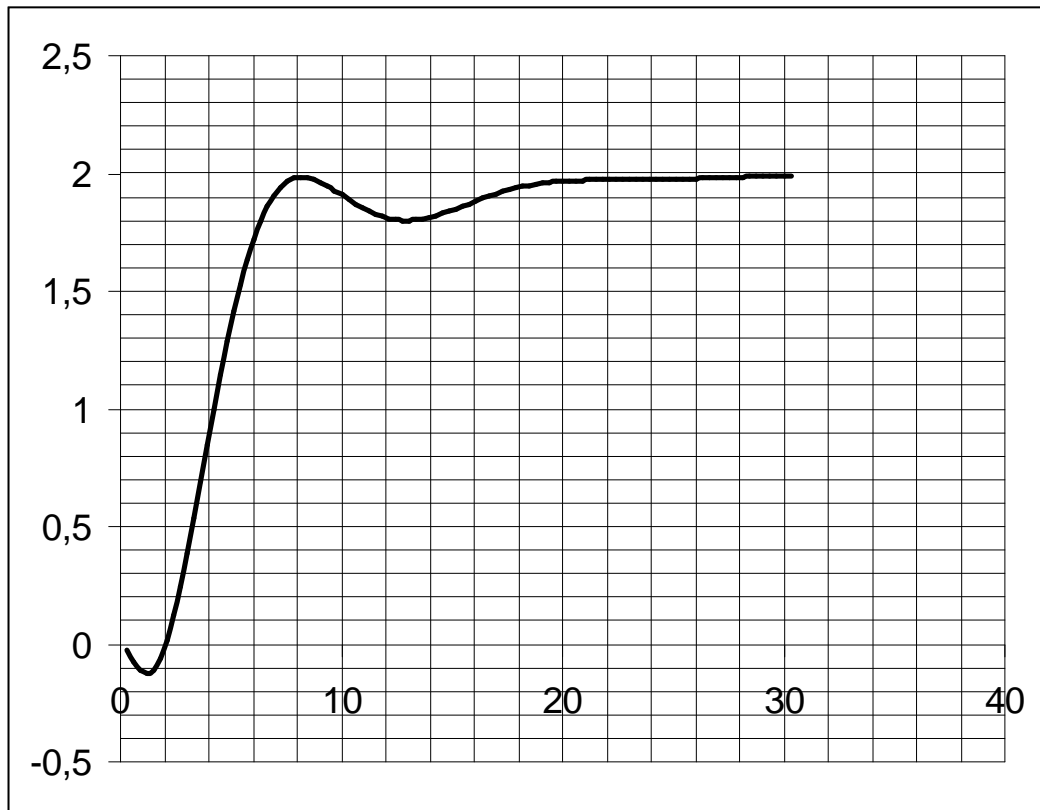


Рисунок 4.5 - Перехідна характеристика системи автоматичного регулювання.

Інтегральна (астатична) складова закону регулювання при зміні  $T_i$  більше впливає на тривалість перехідного процесу, чим на ліквідацію статичної похибки регулювання.

На великих частотах КЧХ розімкнутої системи при зміні  $T_i$  деформується незначно порівняно із її зміною в діапазоні низьких частот. Це видно з передаточної функції ІІІ-регулятора.

На великих частотах вектор аперіодичної складової  $\frac{1}{j\omega T_i}$  із зростанням частоти зменшується. Теоретично при  $\omega \rightarrow \infty$  ІІІ-регулятор перетворюється в ІІ-регулятор. Так як КЧХ розімкнутої системи перетинає від'ємну вісь при достатньо високих частотах, то зміна  $T_i$  значно менше



впливає на коливальність системи порівняно з  $K_P$ . В свою чергу  $K_P$  в значно менше впливає на зменшення статичної похибки регулювання на низьких частотах.

Наявність аперіодичної складової закону регулювання повністю ліквідує статичну похибку, причому чим менше  $T_i$ , тим швидше ліквідується статична похибка регулювання і при заданому ступені затухання коливань в системі, тим менше час регулювання за рахунок астатичної складової перехідного процесу. Астатична складова повинна зникати в основному на першій півхвилі перехідного процесу.

Отже, при оптимальному значенні  $T_i$  в перехідному процесі відсутня видима аперіодична складова. При надмірному зменшуванні  $T_i$  починає проявлятися її вплив на КХЧ системи в області достатньо високих частот – КХЧ наближується до точки  $(-1; j0)$ , зменшується затухання коливань в системі, що призводить до збільшення часу регулювання за рахунок коливальної складової перехідного процесу.

Таким чином, забезпечення заданого ступеня затухання коливань перехідного процесу визначає оптимальне значення  $K_P$ , а відсутність в перехідному процесі видимої астатичної складової визначає оптимальне значення  $K_P / T_{I3} = T_i$ .

## 5 Спеціальна частина. Використання засобів САПР

### Використання пакету КОМПАС-ГРАФІК

Система КОМПАС-ГРАФІК призначена для автоматизації проектно-конструкторських робіт у різних галузях діяльності. Вона може успішно використовуватися в машинобудуванні і приладобудуванні, архітектурі і будівництві, складанні планів і схем - скрізь, де необхідно розробляти і випускати креслярську і текстово-графічну документацію.

КОМПАС-ГРАФІК розроблений спеціально для операційного середовища MS Windows і повною мірою використовує всі її можливості і переваги для надання користувачеві максимальної ефективності і зручності в роботі.

#### *Загальна характеристика*

1. Панель селектування переведена в розряд звичайних панелей (включається по натисканню відповідної кнопки на Панелі переключення).
2. Реалізовано режим запуску допомоги на діалозі по натисканню F1.
3. У діалозі настроювання визначеного тексту (Настроювання системи - Текстовий редактор - Визначений текст) з'явилася можливість вибрати шрифт, яким текст буде відображатися в діалозі вибору визначеного тексту.
4. З'явилася можливість настроювання відображення імені документа в заголовку вікна - Повне ім'я (зі шляхом) або Скорочене ім'я (без шляху).

Якщо ім'я документа має стандартне розширення КОМПАС-ГРАФІК, то при скороченні імені розширення не показується. Зазначене настроювання знаходиться в розділі Екран - Ім'я в заголовку вікна діалогу настроювання системи.

5. Вставка фрагмента підкоряється команді Операції - Зруйнувати із системного меню.

6. У режимі Без команди при натисканні правої кнопки миші на селекторній вставці фрагмента видається контекстне меню, що містить крім звичайних ще і команди Редагувати джерело і Зруйнувати.

7. З'явився новий об'єкт - Позначення центра. Його можна поставити на окружність, дугу окружності, еліпс, дугу еліпса, прямокутник і багатокутник, а також окремо від яких-небудь об'єктів. Позначення центра має три форми: дві осі, одна вісь і умовна позначка («хрестик»).

Можливі два способи простановки позначення центра:

а) включити кнопку З осями при введенні/редагуванні кривих (у тих командах, де ця кнопка є);

б) викликати нову команду Позначення центра на Інструментальній панелі розмірів і технологічних позначень. Якщо під час запиту кривій активізувати параметр-центр або кут (або ввести в них значення), то відбудеться перехід у режим проставлення позначення центра без базової кривої.

### ***Параметричні можливості***

1. Додалася можливість параметризації операції дзеркальної симетрії. Вона набудовується в тому ж діалозі, що й інші можливості параметричного режиму (торкання, паралельність, перпендикулярність, прив'язки). Параметризація виробляється тільки в тому випадку, якщо вісь симетрії задана шляхом явної вказівки відрізка (але не прямій і не двох крапок, через які проходить вісь). При видаленні відрізка, що був віссю симетрії, параметричний зв'язок зникає.

2. На Інструментальній панелі параметризації з'явилася команда Симетрія крапок, за допомогою якої можна встановити симетрію характерних крапок об'єктів щодо відрізка.

3. Вилучено рядок Параметризація з меню Операції. Команди, список яких вона викликала, розподілилися в такий спосіб.

Керування рішеннями. Діалог настроювання параметричного режиму в поточному документі, що викликала ця команда, тепер знаходиться в настроюваннях параметрів поточного документа ( Параметризація).

Параметризувати об'єкти. Цю команду викликаються кнопкою на інструментальній панелі параметризації.

4. З'явилася можливість настроювання параметричного режиму для знову створюваних документів (Настроювання нових документів - Графічний документ - Параметризація).

5. Змінився зовнішній вигляд діалогу настроювання параметричного режиму. У ньому замість окремих опцій зроблено два списки - які об'єкти робити є асоційованими, а які побудови автоматично параметризувати.

6. Позначення центра може бути асоціативним. При зміні параметрів базової кривої відбувається автоматичне перебудування асоціативних осей таким чином, щоб вони проходили через центр кривої і виступали за базову криву на 2 мм. Включити асоціативність осей, що проставляються, можна в тому ж діалозі, де набудовується простановка інших асоціативних об'єктів (розмірів, позначень шорсткості і баз і т.д.)

7. З'явилася можливість привласнити асоціативному розміру ім'я змінної. Ім'я вводиться в діалозі зміни значення розміру.

8. З'явилася можливість задати аналітичні залежності (рівняння і нерівності) між змінними документа. Для виклику діалогу роботи з рівняннями і нерівностями служить кнопка Рівняння і нерівності на інструментальній панелі параметризації. Синтаксис припустимих виражень описаний у Допомозі до діалогу роботи з рівняннями і нерівностями.

9. Можна переглянути імена і значення існуючих у поточному документі змінних, ввести коментар до кожної з них. Для виклику діалогу перегляду служить кнопка Перемінні на Інструментальній панелі параметризації.

10. З'явилася можливість вставки параметричного фрагмента в інший документ КОМПАС-ГРАФІК. Якщо у фрагменті є перемінні (зв'язані з розмірами або виниклі в результаті введення рівнянь і нерівностей), будь-які з них можна зробити зовнішніми. Тоді при вставці цього фрагмента в інший документ КОМПАС-ГРАФІК буде виданий діалог, у якому можна змінити значення зовнішніх перемінних. Об'єкти вставленого фрагмента переходять відповідно до нових значень зовнішніх перемінних. Якщо фрагмент вставлений посиланням, то зберігається можливість надалі по подвійному клацанні на ньому знову викликати діалог редагування значень зовнішніх змінних. Таким чином, зовнішні змінні є механізмом керування параметрами вставленого фрагмента без редагування його "зсередини".

11. У командах Інструментальної панелі параметризації з'явилися кнопки Запам'ятати стан і Вказати заново. Порядок їхнього застосування - такий же, як в інших командах.

### *Специфікація*

1. З'явився новий тип документа КОМПАС-ГРАФІК - специфікація (розширення файлу - \*.spw).

2. Оформлення двох типів специфікацій, що поставляються в складі системи - простого і групового і правила їхнього заповнення (склад бланка, нумерація позицій і сортування рядків, назви розділів і т.д.) відповідають ДСТ 2.108-68 і ДСТ 2.113-75.

3. Можливе створення користувальницького типу специфікації. Така специфікація є довільною таблицею з заголовками, що задаються користувачем, колонок, назвами розділів, правилами заповнення і сортування записів. Принципи формування і призначення такої таблиці аналогічні принципам формування і призначенню стандартної специфікації. Її зручно використовувати для створення відповідним галузевим або відомчим стандартам специфікацій, а також різних переліків і відомостей.

4. Передбачено режим ручного і напівавтоматичного заповнення специфікації. У ручному режимі усі графи специфікації заповнюються з клавіатури. У напівавтоматичному режимі ряд граф заповнюється завдяки вказівці джерела даних (наприклад, користувач може вказати, що в стовпчик Позначення вводиться текст із графи Позначення штампа креслення відповідної деталі.).

5. Специфікація може створюватися незалежно від складального креслення (наприклад, паралельно кресленню зборки).

### *Прив'язки*

1. Реалізовано команду Заборонити/дозволити дію глобальних прив'язок. Кнопка-перемикач для її швидкого виклику розміщується в Рядку поточного стану. Акселератор - <Ctrl> + d.

2. Замість прив'язки Ортогональність введена Кутова прив'язка з можливістю настроювання кроку від 0,1 до 180 градусів. При включеному в діалозі настроюванні глобальних прив'язок динамічному відображенні тексту поруч з курсором у момент спрацьовування кутової прив'язки з'являється числове значення величини кута.

3. У зв'язку з зазначеними в пп. 1 і 2 удосконаленнями змінився зовнішній вигляд діалогу настроювання глобальних прив'язок, викликаного кнопкою Прив'язки в Рядку поточного стану. У ньому з'явилася опція, що дублює кнопку-перемикач у Рядку поточного стану, і поле редагування кроку кутової прив'язки.

4. Змінено роботу клавіатурних сполучень <Ctrl> + стрілки (у тому числі на цифровій клавіатурі). Тепер вони позиціонують курсор не на найближчу криву, а на першу криву, що зустрілася в заданому напрямку, (у межах видимості на екрані). При цьому не враховуються об'єкти оформлення.

5. Додано обробку клавіш <Ctrl>+<1>, <Ctrl>+<7>, <Ctrl>+<9>, <Ctrl>+<3> цифрові клавіатури (NumLock включена). Тепер ці комбінації викликають прив'язку в локальній СК по кутах, рівних 45гр.

6. Прив'язка Найближча крапка враховує кутові крапки таблиці основного напису.

7. Прив'язка Середина враховує середини сторін внутрішньої рамки.

### *Друк і перегляд документів*

1. У діалозі налаштування системи з'явився розділ Графічний редактор - Фільтри висновку на друк, у якому можна включити фільтри відображення (вибрати типи об'єктів і стилі ліній, що потрібно виводити на друк і показувати в режимі попереднього перегляду КОМПАС-ГРАФІК ). Цей же діалог виводиться на екран по команді Фільтри висновку на друк в режимі попереднього перегляду.

2. При висновку на векторний пристрій документів, що містять True Type шрифти, видається повідомлення про те, у яких саме типах об'єктів утримуються ці шрифти.

3. З'явилася можливість виводити документи на печатку з КОМПАС Viewer.

4. КОМПАС Viewer тепер має власний діалог налаштування. У ньому можна керувати фільтрами висновку на друк, системними лініями і системними символами. Ці налаштування записуються у власний файл конфігурації k5view.cfg.

### *Текстовий процесор*

1. Додано можливість налаштування складу користувальницьких контекстних меню. Їхній вміст зберігається у файлі Graphic.pmn (знаходиться в підкаталозі \SYS). Можливе налаштування наступних меню:

Номер      Призначення

-i

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1 | Алфавіт              |
| 2 | Параметр шорсткості  |
| 3 | Вид обробки поверхні |

- 4 Базова довжина для визначення шорсткості
- 5 Напрямок нерівностей шорсткості
- 6 Позначення знаку допуску
- 7 Позначення баз
- 8 Масштаби
- 9 Стадії проектування для конструкторської документації
- 10 Стадії проектування для будівельної документації
- 11 Стандартний ряд довжин
- 12 Прізвища посадових осіб

-i-

Формат файлу:

MENU num - новий розділ номер "num"

BEGIN - розділ повинен починатися з BEGIN і закінчуватися END

MENUITEM "name" flags - рядок меню name

POPUP "name" - вкладений розділ меню з ім'ям name, повинний починатися з BEGIN і закінчуватися END, може містити рядок меню(MENUITEM) і вкладені підменю(POPUP)

END - кінець розділу

' - із символу ' починається коментар

Порядок формування імені в рядку меню:

"name\_1|name\_2" де name\_1: рядок, що з'явиться в меню.

Може містити & - символ, що впливає за ним підкреслюється і буде працювати як акселератор \t - частина рядка, що впливає за ним, буде розташовуватися в правій частині меню

name\_2: рядок, що буде вставлений в текст

Може містити @num - замість нього в текст буде вставлений спецсимвол номера num (див. Graphic.sss)



Якщо ім'я складається з однієї підстроки (не розділеної символом |), то ця підстрока з'явиться в меню і буде замінена в тексті.

Припустимі прапори для MENUITEM

SEPARATOR - Малюється горизонтальна лінія. Будь-які прапори ігноруються.

MENUBREAK - Елемент меню міститься в новому стовпчику.

Стовпчики не розділяються лініями.

MENUBARBREAK - Ті ж самі, що і MENUBREAK, але стовпчики розділяються вертикальними лініями.

CHECKED - Елемент меню маркірований.

DISABLED - Елемент меню недоступний для виконання.

GRAYED - Елемент меню недоступний для виконання і відображається сірим кольором.

Допускається комбінація прапорів, розділених пробелами або комами.

Для прив'язки кожного (існуючого або створеного користувачем) рорир-меню до осередку штампа необхідно в діалозі "Розширений стиль осередку" додати (через роздільник "|") номер цього рорир-меню до рядка-підказки.

Припустимі номери для користувальницьких рорир-меню ( інтервал, що рекомендується.): 1000..4000.

2. Додано діалог редагування параметрів осередку таблиці при настроюванні штампа. При створенні штампа всі осередки доступні для редагування. При заповненні штампа доступні для заповнення тільки ті осередки, у які при створенні штампа не був внесений текст.

3. Команда "Авторозміщення ГТ" додана в контекстне меню, викликуване над ГТ.

4. Додано діалог настроювання визначеного тексту "Настроювання системи/Текстовий редактор/Визначений текст". Текст, введений при заповненні штампа, попадає у відповідний розділ файлу визначеного тексту.

5. Змінено діалог "Розширений формат осередку". Тип осередку "унікальний" перейменований "Для таблиці специфікації" (з урахуванням номера рядка в таблиці специфікації). Додано можливість автоматичного створення ідентифікаторів стовпця таблиці специфікації за зразком.

### ***Режим попереднього перегляду для друку***

1. Реалізовано контекстне меню по правій кнопці миші.
2. З'явилася можливість прив'язки кутів документів до вузлових крапок аркушів пристрою висновку.
3. У діалозі налаштування параметрів висновку з'явилися додаткові керуючі елементи для налаштування прив'язки документів до аркушів пристрою висновку.
4. З'явилася можливість приписування масштабу документа для його розміщення на заданій кількості аркушів.

### ***Імпорт і експорт***

1. При читанні з DXF розмірів їхня обробка ведеться за наступними правилами: якщо розміри читаються в поточний вигляд, і стиль тексту відрізняється від тексту по замовчуванню, то створюється користувальницький стиль тексту, і розміри пишуться цим текстом.

Якщо читання ведеться в нове креслення, і стиль тексту відрізняється від тексту по замовчуванню, то змінюється системний стиль розмірних написів. Необхідно підкреслити, що регулювання розмірів з користувальницьким стилем буде здійснюватися зміною параметрів цього користувальницького стилю.

### ***Налаштування системи***

1. У налаштуваннях нових графічних або текстових документів, а також у налаштуваннях поточного вікна з'явилися налаштування автоскролювання.

2. Додано настроювання довжини лінії розрізу.

3. У настроюванні нових розмірів доданий тип стрілки "Зовні" і поле "Довжина виносних ліній для лінійних розмірів".

4. В усіх діалогах параметрів розмірів доданий перемикач "Використовувати по замовчувані". Їм перекриваються глобальні настроювання нових розмірів, але включені тут (у "локальних настроюваннях") значення будуть діяти тільки на НАСТУПНИЙ розмір. Локальні настроювання запам'ятовуються на наступні сімейства розмірів:

- лінійні
- діаметральні
- радіальні (крім зламу - у нього немає керування параметрами)
- кутові

На розміри висоти дані настроювання не діють.

5. Реалізовано режим "Великі кнопки". Керування знаходиться в діалозі "Настроювання системи" - "Екран" - "Розміщення". Змінюються розміри кнопок тільки на керуючих панелях - Панелі керування й Інструментальної панелі.

6. У діалозі настроювання прив'язок реалізована установка "З урахуванням фонових шарів".

7. Додано настроювання "Настроювання систем-графічний редактор-пошук об'єкта" для керування динамічним пошуком об'єктів у процесах побудов.

8. Вилучено настроювання заборони читання файлів.

9. Вилучено настроювання часу відображення ярличків-підказок.

10. Реалізовано настроювання глобальних прив'язок для нового документа.

11. Реалізовано діалог настроювання запису конфігурації системи: "Настроювання системи - Файли - Збереження конфігурації".

12. Введено налаштування складу панелі керування для режиму "Створення основного напису". Режим "Основний напис" перейменований у "Заповнення основного напису".

13. Реалізовано діалог налаштування параметризації по замовчанні: "Налаштування системи - Графічний редактор - Параметризація". Знову створені документи, що відкриваються, використовують це налаштування. При подальшій роботі налаштування може бути змінено через команду "Операції" - "Параметризація" - "Керування рішеннями".

14. Реалізовано налаштування автоматичного вивантаження бібліотек, підключених до системи в "сліпому" режимі (наприклад, бібліотек експорту/імпорту, редагування створених бібліотеками об'єктів і т.п. ), після завершення їхньої роботи.

Таке вивантаження може знадобитися, наприклад, для автоматичного звільнення ліцензії даної бібліотеки при роботі з мережним ключем апаратного захисту. Діалог налаштування - "Налаштування-Налаштування систем-прикладні бібліотеки".

## 6 Техніко-економічне обґрунтування

### 6.1 Розрахунок вартості монтажу оптичних кабельних мереж системи

6.1.1 Характеристика системи, що проектується, її призначення і область застосування

Автоматизація керування вимагає значних капітальних вкладень, експлуатаційних витрат, витрат живої праці. Доцільність таких великих заходів вимагає доказів, що звичайно виконуються у виді розрахунків економічної ефективності.

Обґрунтування економічної ефективності автоматизації керування дозволяє вирішити не тільки це завдання, але і ряд інших:

установити основні економічно ефективні напрямки автоматизації по окремим управлінським роботам;

виявити можливий розмір річного економічного ефекту, забезпечуваного автоматизацією на конкретному підприємстві;

визначити припустимий обсяг капітальних вкладень у систему автоматизованого керування на тому або іншому підприємстві;

розрахувати термін окупності витрат на АСУ і порівняти його з установленими нормативами по відповідній галузі;

виявити необхідність і доцільність витрат на створення і впровадження автоматизованої системи на кожному об'єкті;

визначити вплив упровадження нової технології в керування виробництвом на техніко-економічні показники діяльності підприємства;

вибрати економічно найбільш ефективний варіант АСУП у цілому;

намітити черговість проведення робіт з автоматизації керування;

порівняти економічну ефективність автоматизації керування з ефективністю інших заходів щодо нової техніки.

Ефект від АСУП створюється завдяки наявності на будь-якому підприємстві втрат, невикористаних можливостей і недостатньої технічної оснащеності управлінського апарата. Ефект виявляється в сфері керування й у сфері виробництва, на самому підприємстві, що автоматизується, і в його суміжників, у виробничій і суспільній сферах.

До складу системи входять датчик кисню, електричні сервоприводи, мікроконтроллер, програма функціонування мікроконтроллера. Апаратна частина системи знаходиться безпосередньо на частинах парогенератора.

Дана автоматизована система передбачена для роботи в закритому приміщенні і призначена для контролю процесу горіння палива з метою мінімізації затрат людської праці.

#### 6.1.2 Вибір аналогів

Для визначення ступеня відповідності технічного рівня і якості приладу, що проектується, сучасному рівню розробок в даній галузі, як за технічним виконанням, так і за обсягом задач, які вирішуються за допомогою приладу, необхідними є аналоги, які повинні відповідати приладу, що проектується, за переліком технічних (експлуатаційних) характеристик.

В якості першого аналога вибрано зарубіжний аналог: Систему аналізу кисню ОХІТЕС 5000 (7МВ1 943-6В.) застосовується для електростанцій, установок для спалювання сміття, цементних заводів і інших спалюючих установок з високою заповненою і температурами димового газу до 600 °С.

В якості другого аналога використовується відчизняний аналог: Система аналізу кисню АКВТ-01 , призначена для неперервного автоматичного вимірювання концентрації вільного кисню в газах процесів горіння різних видів палива.

Таблиця 6.1 - Порівняльні характеристики спроектованої системи і аналогів

Характеристика системи	Спроектована система	Аналоги	
		OXITEC 5000	AKBT-01
Кількість робітників, що обслуговують систему, чол.,	4	10	9
Кількість елементів системи діагностики	5	8	10
Похибка вимірювання,%	±3	±0,8	±0,9
Надійність,%	95	80	80
Безпечність,%	80	85	80

6.1.3 Визначення комплексного показника якості приладу, що проектується

Комплексний показник якості визначається шляхом порівняння показників якості приладу, що проектується і зразка, що замінюється (аналога).[24] Вибір показників якості здійснюється експертним шляхом.

Комплексний показник якості визначається методом арифметичного середньозваження за формулою:

$$P_k = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{100} \times q_i, \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість одиничних показників, прийнятих для оцінки якості приладу, що проектується ;

$K_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$  - го одиничного показника якості, що визначає його відносну значимість, % (коефіцієнти вагомості визначаються

експертним методом; сума цих коефіцієнтів повинна бути рівною 100%, тобто  $\sum K_i = 100\%$ );

$q_i$  – відносні безрозмірні показники якості, що визначаються співставленням числових значень одиничних показників приладу, що проектується і аналога 2 за формулою:

$$q_i = \frac{P_{2i}}{P_{1i}}, \quad (6.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{1i}}{P_{2i}}, \quad (6.3)$$

де  $P_{1i}$ ,  $P_{2i}$  – кількісні значення  $i$ -го одиничного показника якості відповідно приладу, що проектується і аналога 2, натур. од.

З формул (6.2) і (6.3) вибирається та, в якій збільшення відповідає покращенню показника якості приладу, що проектується.

Згідно формул (6.2) і (6.3) розраховуємо безрозмірні показники якості :  
кількість робітників, що обслуговують систему

$$q_1 = 10/4 = 2,5; \quad K_1 = 20\% ;$$

кількість елементів системи діагностики

$$q_2 = 8/5 = 1,6; \quad K_2 = 10\% ;$$

похибка вимірювання

$$q_4 = 3/0,8 = 3,75; \quad K_3 = 30\% ;$$

надійність

$$q_7 = 95/80 = 0,94; \quad K_4 = 20\% ;$$

безпечність

$$q_9 = 80/85 = 1,25; \quad K_5 = 20\% .$$

$$K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 = 20 + 10 + 30 + 20 + 20 = 100\% .$$

Комплексний показник якості, згідно з формулою (6.1) складає :

$$P_k = 20 * 2,5 + 10 * 1,6 + 30 * 3,75 + 20 * 0,94 + 20 * 1,25 = 222,3\% = 2,22.$$

Даний показник якості говорить про доцільність проектування даної системи та її перевагу над аналогом.



Для визначення витрат на прилади та засоби автоматизації, складаємо кошторис витрат відповідно заказаної специфікації по розробленому проекту в якому відображений перелік всіх пристроїв, що використовуються в системі їх ціна та ціна на їх монтаж наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Кошторис витрат на складові частини приладу

Назва приладів	Од. Вим	К-ть	Вартість , грн			
			Одиниць		Загальна	
			обл.	монта ж	обл.	монтаж
Датчик кисню ОХІТЕС	шт.	1	150	50	150	50
Програмований контролер	шт.	1	2100	25	2100	25
Всього					2250	75

Визначення транспортних витрат проводиться за формулою (6.4):

$$V_{TP} = \frac{\overset{\circ}{a} V_{OБЛ} \times \%_{TP}}{100 \%} \quad (6.4)$$

де %TP - процент транспортних витрат.

$$V_{TP} = \frac{\overset{\circ}{a} V_{OБЛ} \times \%_{TP}}{100 \%} = \frac{2250 \times 10 \%}{100 \%} = 225 \text{ грн}$$

Визначення складських витрат проводиться за формулою (5.5):

$$B_{СКЛ} = \frac{\overset{\circ}{a} B_{ОБЛ} \times \%_{СКЛ}}{100 \%} \quad (6.5)$$

де %СКЛ - процент складських витрат.

$$B_{СКЛ} = \frac{\overset{\circ}{a} B_{ОБЛ} \times \%_{СКЛ}}{100 \%} = \frac{2250 \times 8,5 \%}{100 \%} = 191,25 \text{ грн}$$

Визначаємо вартість обладнання як суму витрат вартості обладнання, транспортних витрат та складських витрат проводиться за формулою (5.6):

$$B_{ОБЛ.П.} = \overset{\circ}{a} B_{ОБЛ} + \overset{\circ}{a} B_{МОНТ} + B_{ТР} + B_{СКЛ}. \quad (6.6)$$

$$B_{ОБЛ.П.} = \overset{\circ}{a} B_{ОБЛ} + \overset{\circ}{a} B_{МОНТ} + B_{ТР} + B_{СКЛ} = 2250 + 75 + 225 + 191,25 = 2741,25 \text{ грн}$$

Визначення амортизаційних відрахувань проводиться за формулою:

амортизаційні відрахування проводиться за формулою (6.7):

$$A_P = \frac{B_{ОБЛ.П.} \times \%_{НАМ}}{100 \%} \quad (6.7)$$

де % НАМ - норма амортизаційних відрахувань.

$$A_P = \frac{B_{ОБЛ.П.} \times \%_{НАМ}}{100 \%} = \frac{2741,25 \times 25 \%}{100 \%} = 685,3 \text{ грн}$$

Визначення витрат на поточний ремонт приладів системи проводиться за формулою (6.8):

$$B_{П.Р.} = \frac{B_{ОБЛ.П.} \times \%_{П.Р.}}{100 \%} \quad (6.8)$$

де % П.Р. - процент відрахувань на поточний ремонт.

$$B_{П.Р.} = \frac{B_{ОБЛ.П.} \times \%_{П.Р.}}{100 \%} = \frac{2741,25 \times 6,4 \%}{100 \%} = 175,44 \text{ грн}$$

Повна вартість спроектованого приладу складає:  
 $2741,25 + 685,3 + 175,44 = 3601,99 \text{ грн.}$

Вартість першого аналога ОХІТЕС 5000 становить понад 20 тис. грн., другого – АКВТ-01 понад 8 тис. грн. Отже спроектована система виявилась більш економічно вигідною за приведені аналоги.

#### 6.1.4 Визначення економічного ефекту

Економічний ефект в умовах виробництва визначається згідно формули:

$$E_p = C_1 - C_2, \quad (6.8)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – оптова ціна аналога і спроектованої системи, грн.

Ціна спроектованої системи:

$$C_2 = C_{p2} * (1 + P_2 / 100), \quad (6.9)$$

де  $P_2$  – величина економічного прибутку від нової системи, % (може бути прийнята в розмірі від 12% до 15%).

Для визначення економічного ефекту визначимо оптову ціну спроектованої системи

$$C_2 = 3601,99 * (1 + 15 / 100) = 4142,2 \text{ грн.}$$

Оскільки відома тільки повна вартість зарубіжного аналога, то її оптову ціну можна визначити за формулою:

$$C_1 = C_{p1} * (1 + P_1 / 100) \quad (6.10)$$

де  $P_1$  - величина прибутку прилада-аналога, %;

$C_{p1}$  - повна вартість аналога.

Відомо, що  $C_{p1} = 20000$  грн.

Звідси:

$$C_1 = 20000 * (1 + 15 / 100) = 23000 \text{ грн.}$$

Економічний ефект становить:

$$E_p = 23000 - 4142,2 = 18857,8 \text{ грн.}$$

#### 6.1.5 Розрахунок лімітної ціни

Лімітна ціна – це максимальна оптова ціна спроектованої системи, яка з одного боку, відповідає техніко-економічним параметрам спроектованої

системи і відображає покращення його споживчих якостей, а з іншого боку - зацікавлює споживача системи у його використанні.

Виходячи з вище наведених визначень, однією з умов економічної ефективності проектованої системи буде співвідношення (6.11) :

$$Ц_2 < Ц_л, \quad (6.11)$$

де  $Ц_л$  - лімітна ціна проектованої системи, грн.

Лімітна ціна системи визначається за формулою:

$$Ц_л = С_{пмакс} + П_н, \quad (6.12)$$

де  $С_{пмакс}$  - максимальний розмір повної собівартості проектованої системи, грн;

$П_н$  – нормативний прибуток (приймається в межах 12%-15% повної собівартості), грн.

Максимальний розмір повної собівартості проектованої системи визначається з виразу:

$$С_{пмакс} = 0.85 * С_{п1} * П_я, \quad (6.13)$$

де 0.85 – прийнятий на рівні нормативного коефіцієнт відносного здешевлення продукції, який гарантує зниження оптових цін на одиницю кінцевого корисного ефекту;

$П_я$  - комплексний показник якості проектованої системи:  $П_я = 1.69$ .

Згідно формули (6.13) :

$$С_{пмакс} = 0.85 * 20000 * 1.69 = 28730 \text{ грн.}$$

Тоді

$$Ц_л = 28730 * (1 + 0.15) = 33039.5 \text{ грн.}$$

Використовуючи критерій (6.11), можемо зробити висновок, що проектована система є економічно ефективною.

#### 6.1.6 Визначення експлуатаційних параметрів проектованої системи

Визначимо експлуатаційні параметри, які змінилися у проектованої системи у порівнянні з існуючим аналогом.

Термін служби – це сумарне напрацювання системи від початку експлуатації до її припинення, обумовленого зносом або старінням.

Розрахунок термінів служби розраховуємо за амортизаційним терміном.

Заново спроектована система не має значного збільшення терміну експлуатації, тобто термін експлуатації необхідний тільки для визначення економії витрат на експлуатацію, тому величина його може бути визначена на основі норм амортизації.

Сума річних амортизаційних відрахувань знаходиться за формулою:

$$A=(\Phi+C_d-O)/T_c, \quad (6.14)$$

де  $\Phi$  – початкова вартість приладу, грн.;  $\Phi=4142,2$  грн;

$C_d$  – вартість демонтажу;  $C_d=25$  грн;

$O$  – залишкова (ліквідаційна) вартість, грн;  $O=150$  грн;

$T_c$  – строк експлуатації системи, років.

Практично сума амортизаційних відрахувань, яка повинна дорівнювати приведеній величині  $A$ , визначається за нормою амортизаційних відрахувань:

$$H=(A/\Phi)*100\%, \quad (6.15)$$

звідки

$$A=(\Phi*H)/100\%. \quad (6.16)$$

Норма амортизації нараховується тільки з розрахунку на повне відновлення спроектованої системи. Норма амортизації на капітальний ремонт в даний час не використовується. Надалі  $H$  слід розуміти як норму амортизаційних відрахувань на повне відновлення спроектованої системи, %.

$$(\Phi+C_d-O)/T_c=\Phi*H/100. \quad (6.17)$$

Значення терміну служби:

$$T_c=(100*[\Phi+C_d-O])/(\Phi*H). \quad (6.18)$$

Звідси одержимо:

$$T_c=100/H+100/H*C_d/\Phi-100/H*O/\Phi. \quad (6.19)$$

Позначимо:

$$100/H=T_b, \quad (6.20)$$

де  $T_v$  – термін служби системи, виходячи з терміну відновлення його початкової вартості (за рахунок амортизаційного фонду), без врахування капітальних ремонтів, років.

Тоді:

$$T_c = T_v + T_v * C_d / \Phi - T_v * O / \Phi. \quad (6.21)$$

В даному випадку вибирається норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення для "інших вимірювальних і регулюючих приладів і пристроїв":  $N=15\%$ .

Згідно формули (6.20) обчислюємо:

$$T_v = 150 / 15 = 10 \text{ років.}$$

Підставивши у (6.21) відповідні значення знаходимо:

$$T_c = 10 * (1 + 1/4142,2 + 150/4142,2) = 12,7 \text{ років.}$$

## **6.2 Економічне обґрунтування розробки та впровадження програми**

### **6.2.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення**

Для економічного обґрунтування розробки та впровадження програми було обчислено ряд економічних показників:

- $S_{p.n}$  сумарні витрати на розробку програмного забезпечення;
- КЕОМ- капітальні вкладення в ЕОМ;
- ДКд2/1- додаткові капітальні вкладення.

Для даної програми сумарні витрати на розробку програми будуть складатися із витрат на програмування і витрат на комп'ютера, на якому проводиться програмування експлуатацію персонального.

Сумарні витрати на розробку програмного забезпечення  $S_{pn}$  визначаються за формулою:

$$S_{pn} = (1 + r_n) \times \sum_{i=1}^n t_{poi} \times B_{poi} \times [(1 + w_d)(1 + w_c) + w_n] + t_{mo} \times e_z \quad (6.22)$$

де  $r_n$  — норматив рентабельності, що враховує прибуток установи, яка розробляє дану програму, долі одиниці;

$t_{poi}$  - час, що витрачається на розробку даної програми працівником  $i$ -ої кваліфікації, люд.-міс.;

$B_{poi}$  — основна заробітна плата розробника  $i$ -ої кваліфікації, грн/міс.;

$w_d$  - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату розробникам програми, в долях від основної заробітної плати;

$w_c$  - коефіцієнт, що враховує нарахування органам соціального захисту на заробітну плату, в долях від основної та додаткової заробітної плати;

$w_n$  - коефіцієнт, що враховує накладні витрати установи, в якій розробляється ця програма, в долях до основної заробітної плати розробника;

$t_{mo}$  - машинний час ЕОМ, необхідний для налагоджування даної програми, машино-год;

$e_z$  — експлуатаційні витрати, що припадають на 1 годину машинного часу.

Значення коефіцієнтів, як правило, рівні:

$$w_d = 0,12; \quad w_c = 0,35; \quad w_n = 0,6; \quad r_n = 0,14.$$

Прийmemo  $t_{poi} = 3$  люд.-міс., а  $B_{poi} = 900$  грн.

Експлуатаційні витрати, що припадають на 1 годину машинного часу можуть бути визначені за витратами електроенергії, оскільки програма налагоджувалась в дисплейному залі:

$$e_z = P_{cn} \times C_{год}, \quad (6.23)$$

де  $P_{cn}$  - споживана потужність ЕОМ, Вт;

$C_{год}$  - вартість 1 кВт/год електроенергії.

Оскільки  $P_{cn} = 0,300$  кВт,  $C_{год} = 1,6$  грн., то згідно (6.23):

$$e_2 = 0,3 \times 1,6 = 0,48 \text{ грн/год.}$$

Необхідний час налагодження програми становить 100 машино-годин.

Отже, сумарні витрати на розробку програмного забезпечення згідно (6.22) становитимуть:

$$S_{pn} = (1 + 0,14) \times (3 \times 900) \times ((1 + 0,12) \times (1 + 0,35) + 0,6) + 100 \times 0,48 = 21549 \text{ грн}$$

Вартість розробленої програми обчислюється наступним чином:

$$z_n = \frac{S_{pn}}{n_n}, \quad (6.24)$$

де  $z_n$  - вартість, за якою продається програма, грн.,

$n_n$  — кількість установ, що придбають дану програму.

Дана програма призначена для використання на котельних установках, також є можливість її придбання декількома котельнями нашої області. Приблизна кількість - 6

Отже, згідно (6.24):

$$z_n = \frac{21549}{6} = 3591,5 \text{ грн.}$$

### 6.2.2 Розрахунок капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення  $DK_{02/1}$ , пов'язані з впровадженням розробленої системи визначаються за наступною формулою:

$$DK_{02/1} = K_{EOM} \frac{T_{м.62}}{T_{пол}} + z_n, \quad (6.25)$$

де  $K_{EOM}$  - капітальні вкладення в ЕОМ та інші складові системи;

$T_{м.62}$  - машинний час ЕОМ необхідний користувачу для тих задач, які він розв'язує за допомогою розробленої програми машино-год/рік;

$T_{пол}$  - корисний річний фонд роботи цієї ЕОМ (без врахування простоїв в ремонті);



$z_n$  — ціна нової програми, грн.

Капітальні вкладення в ЕОМ та інші складові системи визначаються за наступною формулою:

$$K_{EOM} = \sum_i \dot{a} C_{сер.i} + \sum_i \dot{a} C_{ком.i}, \quad (6.26)$$

де  $C_{сер.i}$  - вартість обладнання, грн;

$C_{ком.i}$  - вартість комунікацій, грн. Вартість основного обладнання (грн.):

- Комп'ютер;

$$C_{сер.i} = 31820 \text{ грн.}$$

Вартість комунікацій

$$C_{ком.i} = 300 \text{ грн.}$$

Значення капітальних вкладень становить:

$$K_{EOM} = 3182 + 300 = 3482 \text{ грн.}$$

Корисний річний фонд роботи ЕОМ визначається за наступною формулою:

$$T_{пол} = D_p \times (1 - k_n) \times t_p, \quad (6.27)$$

де  $D_p$  - дійсний річний фонд часу, дні;

$k_n$  — коефіцієнт, що враховує профілактичні роботи та плановий ремонт ( $k_n = 0,1$ );

$t_p$  - тривалість робочої зміни, год ( $t_p = 8$ )

Тоді корисний фонд часу ЕОМ згідно (6.27) становить:

$$T_{пол} = 285 \times (1 - 0,1) \times 8 = 2052 \text{ год/рік.}$$

Машинний час ЕОМ необхідний користувачу для вирішення задачі з допомогою ЕОМ обчислюється за наступною формулою:

$$T_{м.в2} = D_p \times (1 - k_n) \times t_3, \quad (6.28)$$

де  $t_3$  - час, який витрачає користувач на вирішення задачі на ЕОМ, год.

Отже, машинний час ЕОМ становить:

$$T_{м.в2} = 285 \times (1 - 0,1) \times 6 = 1539 \text{ год/рік.}$$

Додаткові капітальні вкладення згідно (6.25) становлять:

$$DK_{\partial 2/1} = 3591 \text{ грн.}$$

### 6.2.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Економія витрат пов'язаних з експлуатацією програми  $DE_{e2/1}$  визначається за формулою:

$$DE_{e2/1} = (1 + w_c) \times (1 + w_\partial) \times \sum_i B_{oi} - (T_{м.в2} \times e_c + \frac{z_n}{T_c}), \quad (6.29)$$

де  $B_{oi}$  — основна заробітна плата і-того робітника, який розв'язував цю задачу вручну, грн/рік;  $i = 15$ ,  $B_{oi} = 8000$ ;

$T_c$  - термін служби програми, роки [17].

Прийmemo  $T_c = 5$  роки.

Економія експлуатаційних витрат згідно (6.29) становить:

$$DE_{e2/1} = (1 + 0,35) \times (1 + 0,12) \times 8000 \times 10 - (1538 \times 0,048 + 1285,92 / 5) = 120628,992 \text{ грн.}$$

### 6.2.4 Розрахунок зведених економічних показників

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається за наступною формулою:

$$t_{2/1} = \frac{DK_{\partial 2/1}}{DE_{e2/1}}. \quad (6.30)$$

Отже, згідно (6.30) отримаємо:

$$t_{2/1} = 3591 / 120628,992 = 0,0298 \text{ (роки).}$$

Грошовий річний ефект, який отримує користувач при застосуванні системи визначається за формулою:

$$DW_{p.e.2/1} = DE_{e2/1} - e_n \times DK_{\partial 2/1}, \quad (6.31)$$

$$\text{де } e_n = \frac{1}{t_n}.$$

При  $t_{2/1} < t_n = 4$  року використання розробленого алгоритму є економічно ефективним. Тому  $e_n = 1/4$ .

Тоді грошовий річний ефект згідно (6.31) становитиме:

$$DW_{p.e.2/1} = 120628,992 - 3591/4 = 119731,242 \text{ грн.}$$

В таблиці 6.3 перелічені зведені економічні показники проектованого програмного забезпечення.

Таблиця 6.3 - Зведені економічні показники розробки

Показник	Розмірність	Значення
Витрати на розробку програмного забезпечення	грн.	21594,76
Капітальні вкладення	грн.	3591
Економія експлуатаційних витрат	грн/рік	120628,99
Термін окупності	міс	0,3576
Річний грошовий економічний ефект	грн./рік	88687,4

З вище наведених розрахунків видно, що розробка та впровадження даної системи є економічно доцільною.

## 7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 7.1 Заходи з охорони праці при обслуговуванні котельного обладнання

7.1.1 Дія шуму на організм людини і розробка заходів по зниженню рівня шуму.

Шумом є великий, небажаний для людини звук. Слуховий апарат людини має неоднакову чутливість до звуків різної частоти, тобто – найбільшою чутливістю на середніх і високих частотах (800-4000 Гц) і найменшою – на низьких (20 – 100Гц).

Люба машина, будучи встановленою на відкритому просторі, в тих або інших приміщеннях, створює різні рівні звукового тиску, хоча її звукова частота тобто потужність залишається незмінною.

Встановлені наступні методи визначення шумових характеристик машин:

- 1) метод вільного звукового поля – застосовується в ревербераційних камерах і в приміщеннях з великим поглинанням звуку або на відкритому просторі;
- 2) метод відбитого звукового поля – застосовується в ревербераційних камерах або в глухих приміщеннях;
- 3) метод звукового джерела шуму – застосовується в звичайних приміщеннях, цехах і ревербераційних камерах;
- 4) метод вимірювання шумових характеристик на відстані:  $1\text{ м}$  від зовнішнього контуру машини.

Під дією шуму, який перевищує на середніх частотах 85 – 90 дБ в першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. Сильний шум

погано відбивається на здоров'ї і працездатності людей. Людина працюючи при шумі, привикає до нього, але довга дія сильного шуму може привести до поступового зниження слуху.

Для зменшення шуму необхідно:

- замінити ударні процеси і механізми безударними;
- замінити зворотно-поступальні рухи деталей рівномірними обертовими рухами;
- по можливості замінити зубчасті і ланцюгові передачі.

Аеродинамічний шум виникає від компресорів, газових турбін, двигунів внутрішнього згорання, насосів. Цей шум може бути понижений: збільшенням зазору між решітками, підбором оптимального співвідношення чисел направляючих і робочих лопаток.

В теперішній час застосовують такі звукопоглинаючі матеріали, як ультра тонке скловолокно, капронове волокно, мінеральну вату, мінераловатні плити на різних з'єднаннях з пофарбованою і прошліфованою поверхнею, пористий полівінілхлорид, різні пористі хлоридні плити і інші матеріали.

На дільниці де знаходиться модернізована система керування котлоагрегатами від роботи турбін, котлів, потоків газу в трубопроводах виникає аеродинамічний шум, який впливає на здоров'я працюючих.

Для зниження цього шуму необхідно застосувати тонкі звукопоглинаючі матеріали, покращити аеродинамічні характеристики потокових частин турбін, трубопроводів.

7.1.2 Характеристики приміщення по небезпеці ураження електричним струмом, пожежонебезпеки, вибухонебезпеки.

Навколишнє середовище і навколишня обстановка підсилюють або послаблюють небезпеку ураження струмом. З врахуванням цього всі приміщення діляться на три класи:

1. без підвищеної небезпеки;
2. з підвищеною небезпекою;
3. особливо небезпечні.

Приміщення без підвищеної небезпеки – це сухі приміщення з нормальною температурою повітря і з ізолюючою підлогою.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю наступних умов, які складають підвищену небезпеку:

- струмопровідні пилюки;
- струмопровідні підлоги;
- можливості одночасного дотику людини до наявних з'єднань з землею металоконструкцій приміщень.

Приміщення особливо небезпечні характеризуються наявністю однієї із трьох умов, які складають особливу небезпеку:

- особливої сирості;
- хімічно-активного середовища;
- одночасна наявність двох і більше умов, які утворюють приміщення з підвищеною небезпекою.

Отже, діляниця де знаходиться система керування котлоагрегатами по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження.

У відповідності до СНіП приміщення поділяються на вибухонебезпечні, вибухопожежонебезпечні і пожежонебезпечні.

Категорія А (вибухонебезпечні) – до неї відносяться підприємства, в яких застосовуються вибухонебезпечні речовини (горючі гази і вибухонебезпечний пил).

Категорія Б (вибухопожежонебезпечні) – до цієї категорії відносяться виробництва в яких застосовуються гази із нижньою межею займання 10% і нижче, рідини із температурою загоряння до 28 °С.

Категорії В, Г, Д (пожежонебезпечні) – до цих категорій відносяться підприємства в яких використовуються рідини із температурою спалаху вище

71 °C і горючого пилу, нижня межа спалаху яких більша  $65 \text{ г/м}^3$ .

У відповідності про ПУЕ всі приміщення класифікуються на пожежонебезпечні зони:

- зона класу П-I – це приміщення в яких утворюються горючі рідини;
- зона класу П-II – це приміщення в яких є горючий пил з нижньою межею концентрації вище  $65 \text{ г/м}^3$ ;
- зона класу П-IIa – це приміщення в яких є горючі речовини;
- зона класу П-III – це приміщення в яких є горючі рідини або тверді горючі речовини.

Також у відповідності до ПУЕ приміщення класифікують на вибухонебезпечні зони:

- зона В-I – приміщення в яких можуть утворитись вибухонебезпечні суміші парів і газів з повітря;
- зона В-Ia – приміщення в яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації;
- зона В-Iб – приміщення в яких можуть утворюватися горючі пари і гази, що мають різних запах;
- зона В-Iг – приміщення в яких є установки з вибухонебезпечними газами, пари;
- зона В-II – приміщення в яких є установки із вибухонебезпечними газами;
- зона В-IIa – приміщення в яких вибухонебезпечні суміші утворюються при аваріях і несправностях.

Категорія виробництва по зниженні безпеці в значній степені визначає вимоги до будівель, їх конструкція і планування, організація пожежної охорони і її технічну оснастку, вимоги до режиму і експлуатації.

7.1.3 Вплив вібрації на організм людини і розробка заходів по зниженню вібрації.

Причиною виникнення вібрації є нерівномірні силові дії, які виникають при роботі машин і агрегатів. В одних випадках їх джерелом є зворотно-поступальні рухи деталі (кривошипно – шатунний механізм для ущільнення бетонних і асфальтно-бетонних сумішей, агрегати віброформування в ливарних цехах); в інших випадках незрівноважені обертові маси (ручні електричні і пневматичні шліфувальні машини, ріжучий інструмент верстатів). Інколи вібрації утворюються ударами деталей (зубчасті зчеплення коробки передач, підшипникові вузли, з'єднувальні муфти).

Наявність дисбалансу у всіх випадках приводить до появи незрівноважених відцентрових сил, які викликають вібрацію. Причиною дисбалансу може стати неоднорідність матеріалу обертового тіла неспівпадання центра маса тіла і осі обертання, деформація деталей від нерівномірного нагріву при гарячих і холодних насадках.

Основними параметрами які характеризують вібрацію, яка виникає по синусоїдальному закону, є:

- амплітуда зміщення  $X_m$  – величина найбільшого відхилення коливальної точки від положення рівноваги;
- амплітуда коливальної швидкості  $V_m$  – максимальне із значень швидкості коливальної точки;
- амплітуда коливального прискорення  $a_m$  – максимальне значення прискорення коливальної точки;
- період коливань  $T$  – проміжок часу між двома останніми однаковими станами системи;
- частота  $f$  – в Гц, зв'язана з періодом відомим співвідношенням  $f = 1 / T$ .

В котельні, де знаходиться модернізована система керування, вібрації утворюються за рахунок роботи котлоагрегатів, потоку газу в трубопроводах, роботи двигунів, які призначені для регулювання подачі газу в трубопроводах.

Розрізняють загальну і локальну вібрації. Загальні вібрація викликає



струс всього організму, місцева – захоплює в коливання окремі частини тіла.

Спостерігається дія вібрації на нервові закінчення, м'язові і кістяні тканини, що виражається в порушенні чутливості шкіри, болях при відкладенні солей в суглобах кісток рук і пальців, що приводить до деформації і зменшення рухомості суглобів. Спостерігається порушення діяльності центральної нервової системи як при загальній вібрації.

Зниження вібрації на дільниці досягається за рахунок використання в якості конструктивних матеріалів пластмас, дерева, гуми. Проводиться жорстке кріплення трубопроводів, що забезпечує меншу вібрацію.

#### 7.1.4 Протипожежні вимоги до електроустановок і освітлення.

Найбільш розповсюдженим джерелом загоряння є електрообладнання. Вибір електроустановок згідно ПУЕ відбувається в залежності від прийнятого класу вибухопожежонебезпеки приміщення або установки.

До вибухозахищеного відносяться такі електрообладнання:

- 1) вибухонепроникне, коли електрообладнання може витримати найбільший тиск вибуху при попаданні в середину горючих газів пару і пилу, а також не допускає передачі вибуху назовні;
- 2) підвищеної надійності проти вибуху, коли виключається можливість іскріння, виникнення електричної дуги, небезпечних температур нагріву;
- 3) маслонаповнене, коли частини, які іскряться і не іскряться занурені в масло таким чином, щоб не було дотику між цими частинами, а також дотику цих частин із вибухонебезпечним середовищем;
- 4) продуваюче під надлишковим тиском, коли електрообладнання поміщається в міцно закриту оболонку, яка продувається чистим повітрям, причому в оболонці підтримується надлишковий тиск, який запобігає попаданню в неї вибухонебезпечних сумішей з приміщення;
- 5) іскробезпечне, коли іскри, які виникають, не здатні запалити вибухонебезпечну суміш, при неможливості забезпечення такого виконання

для всіх частин можуть окремі частини розміщатись у вибухонепроникній оболонці;

б) спеціальне, коли використовуються нові принципи, які відрізняються від перелічених; наприклад, застосування надлишкового тиску або інертного газу без продування, заповнення оболонки для струмопровідячих частин епоксидними смолами, піском.

У вибухонебезпечних приміщеннях і зонах зовнішніх установок застосовується спеціальне електроосвітлювальне обладнання в вибухозахищеному виконанні. В приміщеннях класу В-І застосовують стаціонарні світильники у вибухонепроникну, іскробезпечному або спеціальному виконанні, в приміщеннях класу В-Іа, В-ІІ – в будь-якому вибухозахищеному виконанні, в приміщеннях класу В-Іб, В-ІІа – пилонепроникні.

На ділянці де розташована проектована система керування використовуються світильники у вибухонепроникному іскробезпечному виконанні і підвищеної надійності типів НОБ-300 і ЗБ-150.

#### 7.1.5 Розрахунок витяжної вентиляції для ділянки.

Застосування вентиляції ґрунтоване на вловлюванні і видаленні шкідливих речовин безпосередньо біля джерела їх утворення, на попередженні їх розповсюдженню по всьому приміщенні так, якщо боротьба з пилом при допомозі загально обмінної вентиляції дає малий ефект, то місцева вентиляція дозволяє повністю видалити запиленість приміщення.

Пристрої місцевої витяжної вентиляції роблять у вигляді укриттів або місцевих відсмоктувачів.

Кількість повітря  $L$  ( $m^3/год$ ), яке необхідно видалити із укриттів визначають по формулі:

$$L = F \cdot V \cdot 3600,$$

де  $F$  – площа відкритих проїомів, отворів, нещільностей, через які втягується повітря.

Приблизно приймаємо  $F = 5 \text{ м}^2$ ,

$V$  – швидкість повітря в цих проїомах і отворах, величина якої залежить від типу витяжного пристрою і характеру шкідливих речовин.

$$V = 1 \text{ м/с}$$

Звідси:

$$L = 5 \cdot 1 \cdot 3600 = 18000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Укриття з відсмоктуванням характерні тим, що джерело шкідливості знаходиться всередині них, вони можуть бути виконані як укриття-кожухи, повністю або частково захоплюючи в себе обладнання, витяжні шафи, кабінки і камери.

В середині укриттів створюється розрідження, завдяки чому шкідливі речовини не можуть потрапити в повітря приміщення.

По витягуючих повітреходах вони витягуються із укриття. Такий спосіб запобігання шкідливих виділень в приміщенні називається аспірацією. Аспіраційні системи, звичайно, блокують з пусковими пристроями технологічного обладнання.

Повне укриття машин і механізмів, які виділяють шкідливості – це найбільш сучасний і економічний спосіб запобігання без попадання в повітря приміщення. Важливо ще в стадії проектування розробляти технологічне обладнання таким чином, щоб такі вентиляційні пристрої входили б в загальну конструкцію, не заважаючи технологічному процесу і одночасно повністю розв'язуючи санітарно-гігієнічні задачі. При інтенсивних пилевиділеннях, наприклад, при приготуванні сумішей в ливарному виробництві, найбільш раціональне укриття – це кожухи з відсмоктуванням пилу, які повністю закривають зону пилоутворення.

#### 7.1.6 Розрахунок блискавкозахисту для проектованої установки.

Струм блискавки виробляє електромагнітну, теплову і механічну дію на ті споруди, по яких проходить в час удару блискавки. При прямому ударі блискавки в об'єкт через нього проходить короткочасний струм блискавки. Блискавкою називають розряд між електрично-зарядженою хмарою і землею або між різнойменно зарядженими областями двох хмар.

Захисна дія блискавковідводів основана на явищі блискавки уражати найбільш високі і добре заземлені металічні споруди. Зоною захисту блискавковідводу називають частину простору, який прикріплений до блискавковідводу і забезпечує захист споруди від прямих ударів блискавки з достатнім ступенем надійності (99%). Радіус зони захисту розраховується по конкретних параметрах для того або іншого блискавковідводу. Так, для одиночного стержневого блискавковідводу зона захисту являє собою конус з основою радіусом  $r = 15 \cdot h$  ( $h$  – висота блискавковідводу, м). Радіус зони захисту на висоті споруди, яка захищається  $h_x$  (м) визначається з виразу:

$$R_x = 1,5 \cdot (h - 1,25 \cdot h_x).$$

Очікувана кількість уражень в рік ( $N$ ) будівель і споруд визначається за формулою:

$$N = (b - 6 \cdot h_x) \cdot (L + 6 \cdot h_x) \cdot n \cdot 10^{-6},$$

де  $L$ ,  $b$  – довжина і ширина будівлі,

$$L = 100 \text{ м},$$

$$b = 30 \text{ м}.$$

$n$  – середнє число уражень блискавкою 1 км<sup>2</sup> поверхні землі в місці розміщення споруди, застосовується в залежності від грозової діяльності  $A$ .

$$A = 40 \div 60,$$

$$n = 6,$$

$$N = (30 - 6 \cdot 20) \cdot (100 + 6 \cdot 20) \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,18,$$

$$\text{Отже } N < 2.$$

Звідси бачимо, що зона захисту типу Б.

Для одночасного стержневого блискавковідводу:

- висота зони захисту  $h_0$  над землею:

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 0,9 \cdot 60 = 55 \text{ м},$$

- радіус зони захисту  $r_0$  на рівні землі:

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ м},$$

- радіус зони захисту  $r_x$  на висоті  $h_x$  над землею:

$$r_x = 1,5 \cdot ( h - ( h_x / 0,92 ) ),$$

$$r_x = 1,5 \cdot ( 60 - ( 20 / 0,92 ) ) = 57 \text{ м}.$$

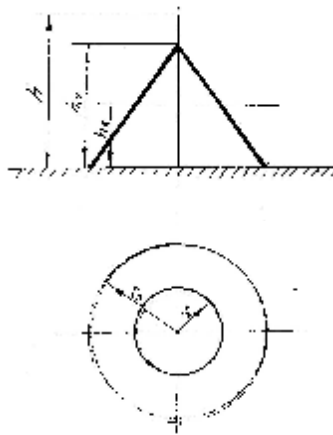


Рисунок 7.1 - Схема стержневого блискавковідводу

( $h$ -висота блискавквідводу,  $h_0$ -висота зони захисту над землею,  $r_0$ - радіус зони захисту на рівні землі,  $r_x$ - радіус зони захисту на висоті  $h_x$  над землею).

## 7.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

### 7.2.1 Підвищення стійкості будівлі котельні

Доцільною межею підвищення стійкості споруд і будівель до дії ударної хвилі рахується така, при якій отримані підприємством руйнування дають можливість виправданого відновлення. Разом з тим прагнути підвищити стійкість всіх споруд і будівель не потрібно, так як це пов'язано з великими матеріальними затратами. Головним чином, потрібно підвищувати міцність найбільш важливих елементів виробництва, від яких залежить робота усього

підприємства, але стійкість яких нижче загальної межі стійкості.

Підвищення стійкості будівель і споруд досягається будовою каркасів, рам, підкосів, опор для зменшення відстані несучих конструкцій, а також використанням більш міцних матеріалів і нових технологій.

Низькі споруди для підвищення їх міцності частково обсилають ґрунтом (рисунок 7.2). Такий спосіб підвищення стійкості може використовуватись для напівпідвальних приміщень.

Високі споруди (труби, вишки, башти, колони) закріплюються відтяжками, за розрахованими на навантаження, що створюється впливом швидкості напору ударної хвилі при ядерному вибуху (рисунок 7.3).

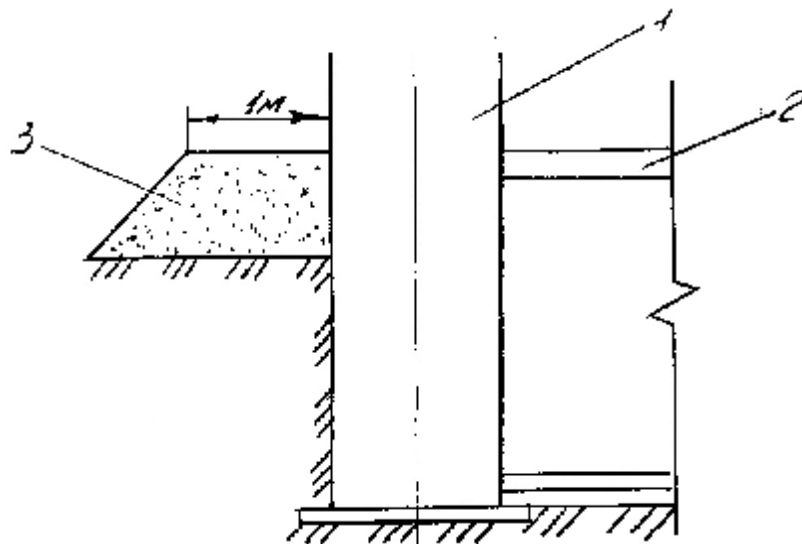


Рисунок 7.2 - Обсилання ґрунтом низьких приміщень:

1-стіна 2-переkritтя 3-обсилання

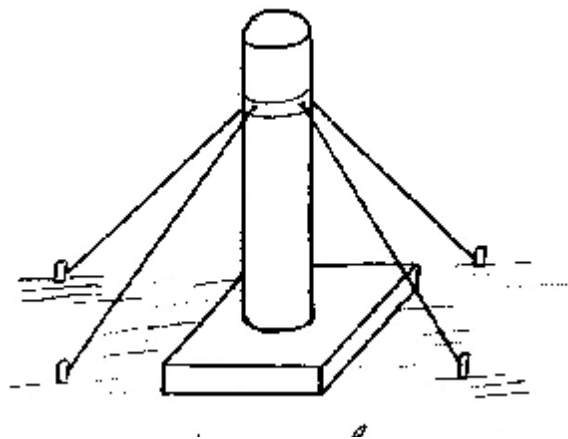


Рисунок 7.3 - Закріплення високих споруд відтяжками.

### 7.2.2 Захист технологічного обладнання.

Надійно захистити все технологічне обладнання від впливу ударної хвилі практично неможливо, так як доводити міцність будівель і цехів до захисних властивостей сховищ економічно недоцільно. Захист обладнання необхідний якщо: обладнання при руйнуванні іншої частини підприємства може випускати особливо важливу продукцію; обладнання важко відновлюється, а при ураженні даного об'єкта передбачається використання цього обладнання на інших підприємствах; обладнання унікальне і його необхідно зберегти для подальшого використання.

При реконструкції і розширенні промислових об'єктів необхідно передбачити: розміщення важкого обладнання на нижніх поверхах; міцне закріплення верстатів на фундаментах; облаштування контрфорсів, що підвищують стійкість верстатного обладнання до дії швидкісного напору ударної хвилі; розміщення найбільш цінного і нестійкого до ударів з міцнісними характеристиками або в спеціальних захисних спорудах.

### 7.2.3 Підвищення надійності забезпечення електроенергією, парою, водою і газом.

Для сучасних підприємств характерна велика кількість комунікацій для подачі кількості комунікацій для подачі води, пари, електроенергії, газу, які розміщені відкрито на високих естакадах або зовнішніх стінах будівель, що полегшує їх регулярний огляд і поточний ремонт, але значно знижує стійкість до дії ударної хвилі ядерного вибуху.

До підвищення надійності комунікацій потрібно: заглиблювати основні комунікаційні каліно-енергетичні сітки в технологічні комунікації або розміщувати їх на низьких естакадах і обсіпати ґрунтом; збільшувати міцність

трубопроводів підстановкою ребер жорсткості, хомутів, що з'єднують два-три трубопроводи в один.

Електрозабезпечення повинно здійснюватись від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива.

Постачання електроенергією великих об'єктів, які не перестають працювати в надзвичайних умовах, необхідно передбачити від двох незалежних джерел. При електропостачанні об'єкту від одного джерела повинно бути не менше двох введів з різних напрямків. Трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їх стійкість повинна бути не нижчою від стійкості самого об'єкту. Електроенергію на ділянки виробництва належить подавати в належних кабелях, прокладених в землі на глибині 0,8-1,2м. Крім цього, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Система енергопостачання повинна мати захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Стійкість газопостачання підвищується проведенням як загальномісцевих заходів, так і на об'єктах. При порушенні мережі газ може стати причиною вибуху, пожежі. Для більш надійного постачання газ повинен подаватися на промислові об'єкти по двох незалежних трубопроводах. Газова мережа за кільцюється і прокладається під землею на глибині 0,6-1,7м. На газовій мережі в визначених місцях повинні бути встановлені автономні відключаючі пристрої, які спрацьовують від надлишкового тиску ударної хвилі. Крім того на газопроводах слід встановлювати відключаючу арматуру з дистанційним керуванням і крани, які автоматично перекривають подачу газу при розриві труб, що дозволяє відключити газові мережі певних ділянок.

#### 7.2.4 Підвищення протипожежної стійкості.

На промислових об'єктах проводяться протипожежні і профілактичні заходи як для попередження пожежі, так і для створення умов, що



ускладнюють поширення вогню і полегшують боротьбу з ним в зоні ядерного зараження.

Територію підприємства треба регулярно очищати від тимчасових споруд, що згорають і різних горючих відходів. Для підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій використовується вогнезахисна фарба.

Для гасіння пожеж на об'єкті зводяться резервуари з водою, обладнуються під'їзди до них, а на берегах річок, озер створюються площадки для встановлення пожежних насосів.

#### 7.2.5 Захист працівників.

Надійна робота підприємств нерозривно пов'язана із захистом працівників і членів їх сімей від зброї масового ураження, для забезпечення якої в мирний час проводяться наступні основні заходи: підтримання в постійній готовності системи повідомлення; забезпечення фонду сховищ на об'єктах для працівників і протирадіаційних укриттів в замиській зоні для зміни, що відпочиває і членів сімей працівників; планування і виконання підготовчих робіт по будівництву на об'єкті сховищ в замиській зоні; підтримання в готовності захисних споруд; організація обслуговування сховищ і укриттів; планування і підготовка до евакуації в замиську зону виробничого персоналу і членів сімей; накопичення, зберігання і підтримання готовності засобів індивідуального захисту.

Захист населення від зброї масового ураження в сучасних умовах досягається трьома основними способами:

- укриттям людей в захисних спорудах і найпростіших укриттях;
- проведення розсередження працівників і евакуація їх сімей;
- використання засобів індивідуального захисту.

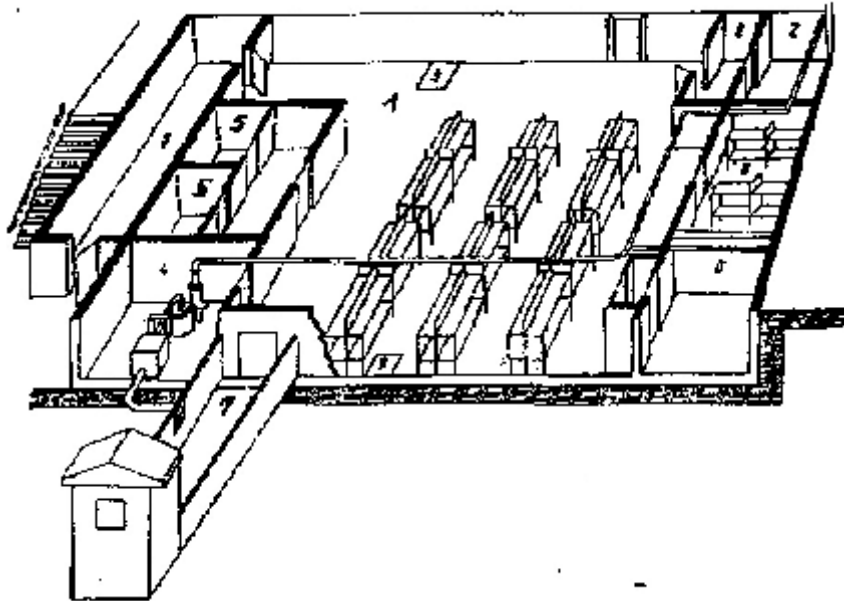


Рисунок 7.4 - Схема сховища.

Прийняті наступні позначення:

- 1-приміщення для працівників,
- 2-пункт керування,
- 3-тамбур-шлюз,
- 4-фільтрвентиляційне приміщення,
- 5-санітарні вузли,
- 6-дизельна електростанція,
- 7-аварійний вихід,
- 8-медичний пункт,
- 9-санітарні пости.

#### 7.2.6 Дія електромагнітних полів та надвисоких частот.

Джерелом електромагнітних полів промислової частоти являються струмоведучі частини діючих електроустановок. Тривалий вплив електромагнітного поля на організм людини може викликати порушення функціонального стану нервової і серцевосудинної систем. Це проявляється в підвищенні втомлюваності, зниженні якості виконання робочих операцій,

сильних болях в області серця, змінах кров'яного тиску і пульсу.

Оцінка небезпеки електромагнітного впливу поля на людину проводиться в величині електромагнітної енергії, сприйнятої тілом людини. Шкідливі впливи струмів промислової частоти проявляються тільки при напрузі магнітного поля порядку  $160-200A/m$ .

Основними видами засобів колективного захисту від впливу електричного поля струмів підвищеної частоти являються екрануючі пристрої. Вони виготовляються стаціонарними і переносними.

Електромагнітні поля мають діапазон хвиль від  $3km$  до  $1mm$ : високі частоти (ВЧ) – довжина хвиль від  $3km$  до  $10m$ ; ультрависокі частоти (УВЧ) – від  $10m$  до  $1m$ ; надвисокі частоти (НВЧ) – від  $1m$  до  $1mm$ .

По суб'єктивних відчуттях і об'єктивних реакціях організму людини не спостерігається особливої різниці при впливі всього діапазону всього діапазону радіохвиль ВЧ, УВЧ, НВЧ, але більш характерні прояви і несприятливі наслідки впливу НВЧ електромагнітних хвиль.

Захист персоналу від переопромінення може бути досягнуто за рахунок розміщення генераторів ВЧ, УВЧ, НВЧ, а також радіопередатчиків в спеціально призначених приміщеннях. В ряді випадків допускають відхилення від цього правила.

Розміщення в одному приміщенні декількох джерел ВЧ, УВЧ, НВЧ, повинна передаватись оцінка сумарної енергії випромінювання в робочій зоні і її відповідальність допустимим нормам.

7.2.7 Оцінка стійкості котельні при дії електромагнітних полів на елементи виробництва та людей

На рис. 7.5 показаний метод захисту від електромагнітних хвиль і шкідливого опромінення, а саме метод екранування.

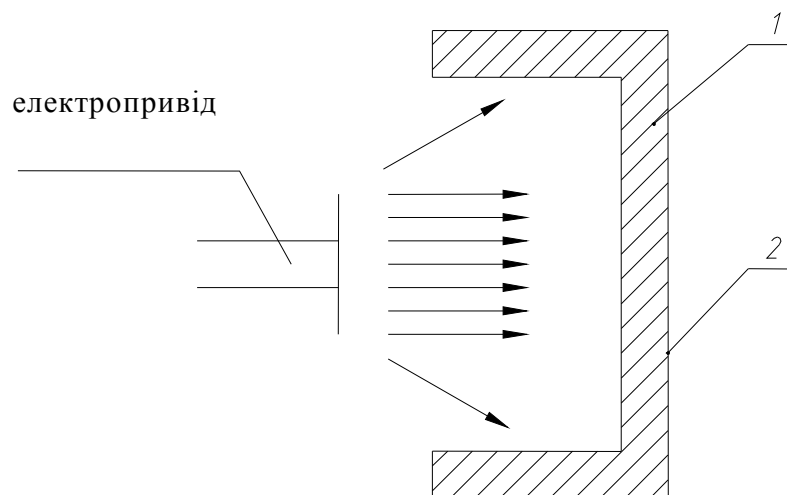


Рисунок 7.5 - Метод екранування.

(1 – поглинаюче покриття; 2 – екран)

Працюючі електроприводи випромінюють електромагнітну енергію в робочу зону, яка шкідливо діє на організм людини, якщо не прийняти певних мір безпеки. Тому при встановленні і експлуатації даних об'єктів промислової електроенергії, а також при монтажі і наладці важливо дотримуватись основних вимог техніки безпеки.

Відомо, що навколо провідника з струмом виникають одночасно і електричне, і магнітне поле. При змінному струмі електричне і магнітне поле пов'язане між собою і тому їх розглядають, як єдине електромагнітне поле. Електромагнітне поле високих і надвисоких частот може самостійно поширюватись в просторі, в якому нема провідників електричного струму, з швидкістю, близькою до швидкості світла. При цьому поширюючись у просторі, електромагнітне поле несе з собою енергію.

Електромагнітне поле змінюється з тією ж частотою, що і струм, який утворив дане поле.

Частота коливань  $f$  і період коливань поля  $T$  величини обернено пропорційні

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f}$$

Відстань, на яку поширюється поле за один період – довжина електромагнітної хвилі  $l$  можна знайти за формулою

$$l = cT = \frac{v}{f}$$

де  $v$  - швидкість поширення електромагнітної хвилі в даному середовищі.

Швидкість поширення електромагнітної енергії залежить від діелектричної сталої  $\epsilon$  і магнітної проникливості середовища  $\mu$ . Для повітря  $\epsilon = 1$  і  $\mu = 1$ , а швидкість поширення електромагнітної енергії в порожнині  $c = 3 \times 10^{10}$  см/сек. Тому для порівняння (в повітрі)  $v = c = 3 \times 10^{10}$  см/сек., або 300000 км/сек.

В таблиці приведено прийнята в теперішній час класифікація електромагнітних полів діапазону радіохвиль.

Таблиця 7.1 - Класифікація електромагнітних полів.

Спектр хвиль	Частота хвиль	Довжина хвиль м
Довгі	$3 \times 10^4$ , $3 \times 10^5$ високі	100000 – 1000
середні	$3 \times 10^5$ , $3 \times 10^6$ частоти	1000 – 100
Короткі	$3 \times 10^6$ , $3 \times 10^7$ ультрависокі	100 – 10
ультракороткі	$3 \times 10^7$ , $3 \times 10^8$	10 – 1
Дециметрові сантиметрові міліметрові		

Вплив електромагнітних полів різних частот на організм людини залежить від характеру поля, створеного сепаратором на робочому місці.

Простір робочої ділянки біля джерела високо частотних полів може бути як зоною індукції, так і зоною випромінювання, в залежності від частоти сепаратора і відстані від джерела випромінювання до робочого місця. Встановлено, що на відстані від джерела не більше 1/6 довжини хвилі

переважають поле індукції, і цей простір умовно рахується зоною індукції, а на більш далеких відстанях поле випромінення, і цей простір називають зоною випромінювання.

Джерела створення полів високої і ультрависокої частоти є

- елементи коливного контуру;
- високочастотний трансформатор;
- лінії передач;
- робочий контур.

Розподіл інтенсивності електромагнітного поля в приміщенні може змінюватись в результаті багаторазових відбивань хвиль від стін, стелі, підлоги і предметів. Інтенсивність електромагнітного поля коливається в залежності від потужності сепаратора, відстані робочого місця від джерела випромінювання і відбивань від різних поверхонь. Степінь впливу електромагнітних полів на людину залежить в першу чергу від інтенсивності опромінення. З інших факторів потрібно враховувати такі, як тривалість дії і діапазон частот.

При впливі електромагнітних полів на організм людини проходить часткове поглинання їх енергії тканинами тіла. Під дією високочастотних електромагнітних полів іони тканини проходять в рух, тобто в тканинах виникають високочастотні струми, які супроводжуються тепловим ефектом. Довгий і систематичний вплив на організм людини електромагнітних полів різних частот великої інтенсивності може викликати підвищену втомленість, головну біль, сонливість, порушення сну, гіпертонію і біль в серці. Під впливом електромагнітних полів надвисоких частот спостерігаються зміни в крові, погіршення зору, а окремих людей – нервово психічні захворювання, випадання волосся, ломкість нігтів.

Для попередження професійних захворювань українським законодавством встановлені попередні і періодичні медичні огляди, а також

медичний огляд при відборі осіб, які направляються на роботу з високочастотними приладами.

Для вимірювання інтенсивності опромінення на робочих місцях користуються приладами, спеціально розробленими для гігієнічної оцінки умов праці, а саме ИНЕП-50; ИНЕП-2; ИЕМП-2; ПО-2.

Для пристроїв високої частоти, санітарні норми допускають напруженість електричного поля середніх і довгих хвиль в розмірі не більше 5 В/м, за виключенням індукційних складових.

Для діапазону сантиметрових і дециметрових хвиль допустимі величини інтенсивності опромінення диференційовані з врахуванням фактора часу.

- при опроміненні на протязі усього робочого дня, не більше 0,01 мВт/см<sup>2</sup> (10 мкВт/см<sup>2</sup>);
- при опроміненні не більше 2 год за робочий день не більше 0,1 мВт/см<sup>2</sup> (100 мкВт/см<sup>2</sup>)
- при опроміненні не більше 15-20 хв за робочий день – не більше 1 мВт/см<sup>2</sup> (1000 мкВт/см<sup>2</sup>)

Основними принципами розробки засобів захисту від впливу електромагнітних хвиль при роботі високочастотних пристроїв є:

- 1) зменшення випромінювання в самому джерелі;
- 2) екранування джерела випромінювання;
- 3) екранування робочого місця;
- 4) застосування індивідуальних засобів захисту.

В залежності від діапазону частот, типу джерела випромінювання, його потужності і характеру роботи, може використовуватись один із вказаних видів захисту або інша його комбінація.

В діапазоні великих частот для зменшення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях рекомендується два типи захисту:

- 1) окреме екранування джерел електромагнітних полів.
- 2) повне екранування джерел електромагнітних полів.

Екранування високочастотних частин сепаратора здійснюється листами алюмінію, або заліза товщиною не менше 0,5 мм.

Високочастотний пристрій в загальному приміщенні, екранується разом з усіма огороженнями загальним кожухом. Якщо пристрій розміщений в окремому приміщенні, можна екранувати все приміщення. В цьому випадку панель керування пристроєм повинна бути винесена за межі екранування. Кожний екран повинен заземлюватись.

Для запобігання опромінення працюючих потрібно забезпечити індивідуальні засоби захисту: халати, або комбінезони з тканини, відбиваючих електромагнітних хвиль, спеціальними захисними окулярами.

Для зменшення відбивання електромагнітних хвиль в приміщенні стіни і стелю покривають крейдовою фарбою, або спеціальними поглинаючими матеріалами (резиновими ковбиками, магнітодіелектричними пластинами).

Для стійкості роботи об'єкту при дії електромагнітного поля потрібно належним чином забезпечити захисні елементи. Покращити стійкість будівель до опромінення згаданими вище методами. Дотримуватись всіх правил і норм встановлених законодавством по дотриманню техніки безпеки, охорони праці і індивідуального захисту, а також підтримування сил цивільної оборони в постійній готовності.



## 8 Екологія

### 8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Об'єктивною реальністю світового розвитку людського суспільства є зростаючий вплив промисловості, транспорту і сільського господарства на природне (навколишнє) середовище. Збільшення і накопичення в навколишньому середовищі різних забруднень здатні порушити природні процеси, що склалися в біосфері. Вчення про біосферу було закладене академіком В.І. Вернадським. В основі цього вчення лежить розуміння діалектики, взаємозв'язку процесів, що відбуваються в мінеральній, водній і газоподібній оболонках Землі. Коли людина стала головним діючим початком в біосфері, вона стала ноосферою - сферою розуму. Проблемами взаємодії людини, рослинного і тваринного світу з біосферою займається наука, яка називається екологією.

Охорона природи являє собою систему природничих, виробничо-технічних, економічних і адміністративно -правових заходів, здійснюваних в країні і направлених на збереження і контрольовану зміну навколишнього середовища в інтересах суспільства, яке розвивається, забезпечення раціонального використання природних ресурсів. Зростання енергоозброєності праці і споживання електроенергії в побуті веде до подальшого розвитку електроенергетики, а отже, до збільшення її впливу на навколишнє середовище і біосферу загалом.

Згідно Законів України про охорону природи навколишнього середовища та про екологічну експертизу кожен проект, що розробляється потрібно проаналізувати з точки зору його негативного впливу на довкілля та здоров'я людини, відшукати шляхи зменшення цього впливу.

## 8.2 Викиди котелень

*Токсичні речовини в паливі і димових газах.* Токсичними (шкідливими) називаються хімічні сполуки, що негативно впливають на здоров'я людини і тварин.

Вид палива впливає на склад шкідливих речовин, що утворюються при його спаленні. На електростанціях використовується тверде, рідке і газоподібне паливо. Основними шкідливими речовинами, що містяться в димових газах котлів є: оксиди сірки ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), оксид азоту ( $\text{NO}$  і  $\text{NO}_2$ ), оксид вуглецю ( $\text{CO}$ ), сполуки ванадію (в основному пентаксид ванадію  $\text{V}_2\text{O}_5$ ). До шкідливих речовин відноситься також зола.

*Тверде паливо.* В теплоенергетиці використовують вугілля (буре, кам'яне, антрацитовий штиб), горючі сланці і торф. Органічна частина палива складається з вуглецю, водню, кисню, органічної сірки. До складу горючої частини палива ряду родовищ входить також неорганічна сірка.

Негорюча (мінеральна) частина палива складається з вологи і золи. Основна частина мінеральної складової палива переходить в процесі спалення в летючу золу, що відноситься димовими газами. Інша частина в залежності від конструкції топки і фізичних особливостей мінеральної складової палива може перетворюватися в шлак. Зольність вітчизняного вугілля коливається в широких межах (10-55%). Відповідно змінюється і запиленість димових газів, досягаючи для високозольного вугілля 60-70 г/м<sup>3</sup>. Хімічний склад золи твердого палива досить різноманітний. Звичайно зола складається з оксидів кремнію, алюмінію, титану, калію, натрію, заліза, кальцію, магнію. Кальцій в золі може бути присутнім у вигляді вільного оксиду, а також в складі силікатів, сульфатів і інших з'єднань.

Більш детальні аналізи мінеральної частини твердого палива показують, що в золі в невеликих кількостях можуть бути і інші елементи, наприклад, германій, бор, миш'як, ванадій, марганець, цинк, уран, срібло,

ртуть, фтор, хлор. У складі золи твердих видів палива можуть бути присутні радіоактивні ізотопи калію, урану і барію. Ці викиди практично не впливають на радіаційну обстановку в районі ТЕС, хоч їх загальна кількість може перевищувати викиди радіоактивних аерозолів на АЕС тієї ж потужності.

*Рідке паливо.* В теплоенергетиці застосовується мазут, сланцеве масло, дизельне паливо. У рідкому паливі відсутня піритна сірка. До складу золи мазуту входять пентаоксид ванадію, а також  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  і інші оксиди. Зольність мазуту не перевищує 0,3%. При повному його згорянні вміст твердих часток в димових газах складає біля  $0,1 \text{ г/м}^3$ , однак це значення різко зростає в період очищення поверхонь нагріву котлів від зовнішнього відкладення. Сірка в мазуті знаходиться переважно у вигляді органічних сполук, елементарної сірки і сірководню.

*Газоподібне паливо* являє собою найбільш "чисте" органічне паливо, оскільки при його повному згорянні з токсичних речовин утворюються тільки оксиди азоту.

Шкідливі викиди і природні речовини в атмосфері зазнають складних процесів перетворення, взаємодії, вимивання і т. д. Ці процеси різні для зважених часток і газоподібних домішок. Час знаходження зважених частин в атмосфері залежить від їх фізико-хімічних властивостей, метеорологічних параметрів і деяких інших чинників, насамперед від висоти викиду часток в атмосферу і їх розмірів. Основними шляхами виведення з атмосфери є осідання часток під впливом сил тяжіння, осідання їх на рослини і водоймища, а також вимивання дощем. Сполуки ванадію, аерозолі бенз(а)пірену, розповсюджуючись в атмосфері разом з пилом, дощем або снігом, осідають на ґрунт і водоймища. Наслідком дисоціації  $\text{NO}$  являється велика кількість вторинних реакцій. Спільне окислення вуглеводнів і оксидів азоту приводить до утворення сполук, які в результаті подальших реакцій утворюють так звані пероксиацилнітрати, які володіють сильною токсичною дією.

З сказаного вище слідує, що шкідливі викиди котелень, пил, оксиди сірки і азоту і інші речовини, впливаючи на біосферу в районі розташування електростанції, зазнають різних перетворень і взаємодій і потім осідають або вимиваються атмосферними опадами. Потрібно мати на увазі, що майже всі викидані речовини котелень, не є чужорідними для навколишньої природи і беруть участь в кругообігу речовин між атмосферою, літосферою і гідросферою.

Існує два основних види впливу викидів: локальний і загальний (глобальний). Локальний вплив викидів котелень на навколишнє середовище і людину розповсюджується на прилеглий район діаметром до 20-50 км. Глобальний (загальний вплив) розповсюджується на біосферу з урахуванням викидів інших підприємств на будь-якій відстані від даної котельні.

Розглянемо питання локального впливу шкідливих речовин, що викидаються котельнями.

Несприятливу дію на навколишнє середовище надають оксиди азоту і сірки: руйнується хлорофіл рослин, ушкоджуються листя і хвоя. Найбільш чутливими до  $SO_2$  є хвойні дерева. Також спостерігається погіршення стану хворих з легеневиими захворюваннями. Поступаючий в атмосферу триоксид сірки, взаємодіючи з вологою повітря, утворить сірчану кислоту, яка активно руйнує конструкції і обладнання. Діоксид азоту здійснює подразнюючу дію на дихальні шляхи і слизову оболонку ока. Дуже токсичний пентаоксид ванадію  $V_2O_5$ , що входить до складу золи мазуту. Ця речовина спричиняє роздратування дихальних шляхів у людини і тварин, поразку шкіри, розлад кровообігу і нервової системи, а також порушення обміну речовин. Бенз(а)пирен, як відмічено вище, володіє канцерогенними властивостями.

*Нафтопродукти.* Попадаючи у водоймища стоки, що містять нафтопродукти, спричиняють появу у води запаху і присмаку гасу, утворення плівки або масляних плям на її поверхні і відкладення важких нафтопродуктів на дні водоймищ. Плівка нафтопродуктів порушує процес газообміну і перешкоджає проникненню у воду світлових променів,

забруднює береги і прибережну рослинність. Наявність у воді нафтопродуктів робить воду непридатною для пиття. Особливо великий збиток наноситься рибному господарству, страждають також водоплавні птахи.

*Кислоти і луги.* Кислі і лужні води змінюють показник рН води водоймища в районі їх скидання. Зміна рН негативно позначається на флорі і фауні водоймища, порушує біохімічні процеси і фізіологічні функції у риб і інших живих організмів.

*З'єднання ванадію, заліза* володіють здатністю нагромаджуватися в організмі. Вони здатні викликати зміни в органах кровообігу, дихання, в нервовій системі; приводять до порушення обміну речовин і алергічних поразок шкіри.

*З'єднання нікелю* вражають тканину легень, викликають функціональні порушення центральної нервової системи, шлункові захворювання, зниження кров'яного тиску.

*З'єднання міді* володіють загальною токсичною дією і при надмірному попаданні в організм викликають порушення шлунково-кишкового тракту. Для риб небезпечні навіть незначні концентрації міді.

*Шлам*, що знаходиться в скидних водах містить органічні речовини. Попадаючи у водоймище, він сприяє зниженню вмісту кисня у воді.

### **8.3 Заходи по зменшенню негативного впливу викидів котелень на довкілля**

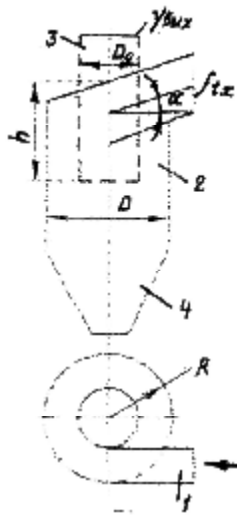
Золою при визначенні характеристики палива вважається залишок, що виходить при прокалюванні до постійної маси навіски палива в присутності кисню при температурі 800°C (1073 K).

Ефективність роботи газоочисних пристроїв багато в чому залежить від фізико-хімічних властивостей золи, що вловляється і поступаючих в золовловлювач димових газів. Основними характеристиками золи є щільність, дисперсний склад, електричний опір злиплюваність

*Типи і характеристики золовловлювачів.* До основних вимог, що пред'являються до систем золовловлювання, відносяться висока ефективність і експлуатаційна надійність.

Для котелень застосовуються три типи золовловлювачів: апарати сухого інерційного очищення газів (жалюзійні золовловлювачі, циклони, прямоточні циклони, батарейні циклони); апарати мокрого очищення газів; електрофільтри.

*Інерційні золовловлювачі.* У якості інерційних (механічних) золовловлювачів найбільшого поширення отримали циклони, в яких осадження твердих часток відбувається за рахунок відцентрових сил при обертальному рухові потоку (рис. 8.1).

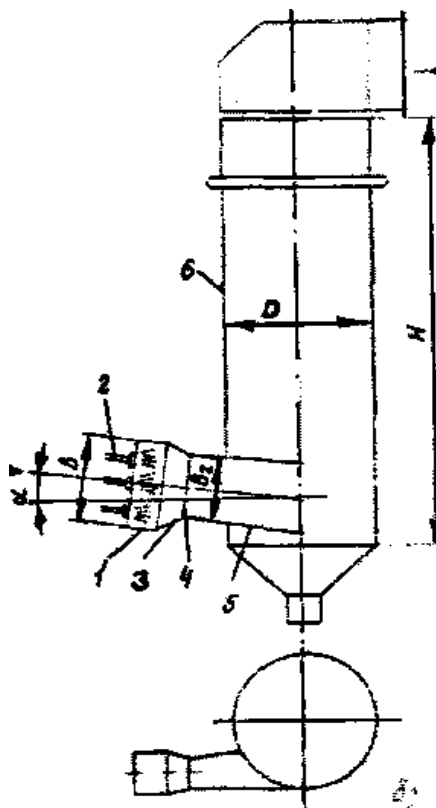


1- вхідний патрубок запиленого газу; 2- циклонний елемент; 3- трубні дошки;  
4- вихідний патрубок очищеного газу; 5- бункер для золи.

Рисунок 8.1 - Принципова схема циклону.

Поступаючий тангенційно через вхідний патрубок газ рухається в каналі, утвореному зовнішньою і внутрішньою циліндричними поверхнями циклону, де під дією відцентрових сил відбувається відділення пилу. Потім очищений газ видаляється через внутрішній циліндр вгору, а осіла на зовнішній стінці зола зсипається під дією сили тяжіння вниз в конічну воронку і далі в загальний бункер.

*Мокрі золовловлювачі.* Найпростішим типом мокрого золовловлювача є відцентровий скруббер (рис. 8.2).



1- вхідний патрубок запиленого газу; 2- корпус золовловлювача; 3- зрошувальні сопла; 4- вихід очищеного газу; 5- бункер.

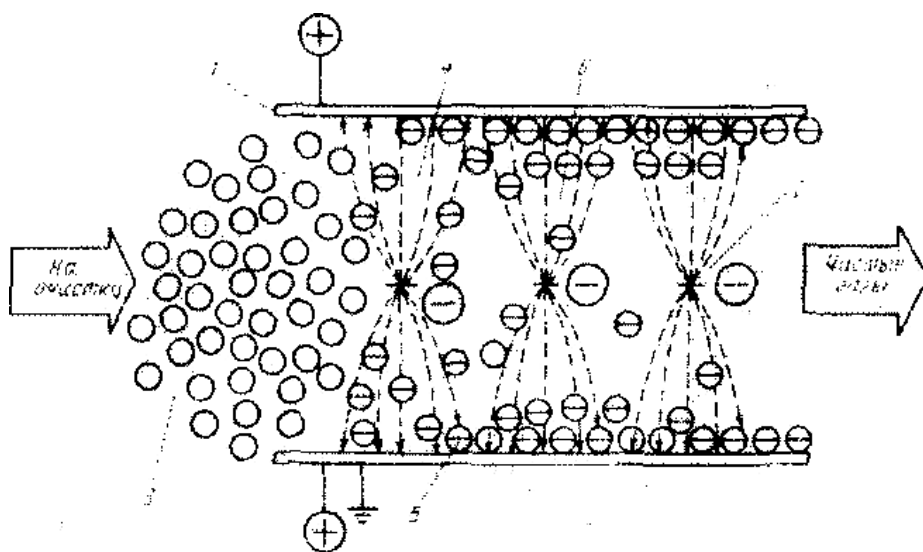
Рисунок 8.2 - Відцентровий скруббер.

Головною відмінністю його від сухого інерційного є наявність на внутрішній стінці стікаючої плівки води. Відсепарована за рахунок

відцентрових сил зола краще відводиться з скрубера в бункер, при цьому зменшується повторне захоплення зольних часток зі стінки газовим потоком.

*Електрофільтри.* Найбільш перспективним типом золовловлювачів для великих ТЕС є електрофільтри, які можуть забезпечити високу степінь очищення газів при аеродинамічному опорі не більше 150 Па практично без зниження температури і без зволоження димових газів.

У електрофільтрах запилений газ рухається в каналах, утворених осаджувальними електродами (рис. 8.3), між якими розташовані через певну відстань коронуючі електроди 2.



- 1 - осаджувальний електрод; 2 - коронуючий електрод; 3 - частинки золи;
- 4 - електричне поле; 5 - шари осілої золи; 6 - заряджена зола

Рисунок 8.3 - Принцип роботи електрофільтру.

Суть процесу електричного очищення газів полягає в наступному. Запилений газ проходить через систему, яка складається із заземлених осаджувальних електродів 1 і розміщених на деякій відстані (так званий міжелектродний проміжок) коронуючих електродів 2, до яких підводиться випрямлений електричний струм високої напруги з негативним знаком. При досить високій напрузі, прикладеній до міжелектродного проміжку, на поверхні коронуючого електроду відбувається інтенсивна ударна іонізація газів, яка супроводжується виникненням коронного розряду (струм корони).



Газові іони різної полярності, що утворюються в зоні корони, під дією сил електричного поля рухаються до різнойменних електродів, внаслідок чого в електродному проміжку виникає електричний струм, який і представляє струм корони. Частки золи через адсорбцію на їх поверхні іонів отримують в міжелектродному проміжку електричний заряд і під впливом сил електричного поля рухаються до електродів, осідаючи на них. Основна кількість часток осідає на розвиненій поверхні осаджувальних електродів, менша їх частина попадає на коронуючі електроди. По мірі накопичення на електродах осаджені частинки видаляються струшуванням або промиванням електродів.

## **Висновки:**

В даній дипломній роботі здійснено вибір комплексу технічних засобів для реалізації інформаційних, обчислювальних та управляючих функцій автоматизованої системи управління технологічними процесами теплогенерації та тепlopостачання з використанням персональних комп'ютерів та програмованих логічних контролерів. Програмований логічний контролер на основі аналізу вмісту кисню в димових газах здійснює оптимізацію подачі природного газу та повітря в топку котла.

В результаті виконання магістерської роботи розроблено систему автоматизації технологічних процесів теплогенерації та тепlopостачання з покращеними експлуатаційними характеристиками. Запропоновано методику та аналітичні залежності для оптимізації процесу згоряння палива в котельних агрегатах.

Розроблено структурні, функціональні та електричні принципові схеми систем автоматизації процесів теплогенерації та тепlopостачання. Виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень. Розглянуто питання застосування інформаційних технологій, охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

Впровадження розробленої автоматизованої системи диспетчеризації тепlopостачання житлового масиву дасть можливість: підвищити оперативність та достовірність отримуваної інформації про виконання технологічного процесу та стан механізмів; документувати технологічну та діагностичну інформацію за рахунок розширення переліку контрольованих параметрів; знизити відмови та простої устаткування; скоротити час та економічні витрати на ремонт обладнання, завдяки запобіганню аварійних ситуацій.

## Бібліографія

1. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник.–К.: Задруга, 1999.-424 с.
2. Ажогин В.В., Згуровский М.З. Моделирование на цифровых, аналоговых и гибридных ЭВМ.–К.: Вища школа, 1983.-280 с.
3. Проць Я. І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О. Л. Ляшук. — 2011. — 344 с.
4. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні,-Київ, Мінрегіонбуд, 2014.
5. ДСТУ- Н Б В 1.1.-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів від пожеж. Будівельна кліматологія,-Київ, Мінрегіонбуд, 2011.
6. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. инж. А. А. Николаева, – М.: 1965.
7. ДБН В 2.5-39:2008 “ Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. ” Київ, Мінрегіонбуд України, 2009.
8. ДСТУ-Н Б В 1.2.-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єкта будівництва, Київ Мінрегіон України, 2013.
9. Методичні рекомендації оцінки економічної ефективності інвестицій в енергозберігаючі проекти на підприємствах ЖКХ, Київ,Проблемний інститут нетрадиційних енерготехнологій та інжинірингу 2007.
10. ДБН А.3.1.-5:2009 Організація будівельного виробництва, Київ, Мінрегіонбуд України, 2008.
11. Безпека у будівництві. Основні положення” Київ, Мінрегіон України, 2012.

12. ДБН В.2.5-67:2013 „Опалення, вентиляція та кондиціонування,, Київ, Мінрегіон України, 2013.
13. ДСТУ Б Д 1.1.-1:2013 з доповненнями та змінами Правила визначення вартості будівництва Київ Мінрегіонбуд України, 2013.
14. ДБН А.2.2-3-2014 „Склад та зміст проектної документації на будівництво” Київ, Мінрегіон України, 2014.
15. Закон України № 2633-IV „Про теплопостачання”, 2005.
16. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об’єктів., Київ, Мінрегіонбуд України, 2014.
17. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”.
18. Шидловський А.К. Паливо-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття. НАН України, “ВО “Укренергозбереження”, 2001.