

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  
контролю та аварійної автоматики котельні

Виконав: студент 6 курсу, групи КАмз-61  
Мороз А.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Виконав: студент 6 курсу, групи КАмз-61  
Штинь В.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 Чихіра І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота відноситься до галузі автоматизованих систем регулювання та контролю газопаливного обладнання. В даній дипломній роботі спроектована автоматична система контролю і керування за зміною величини різниці тиску газу у водонагрівному котлі "Факел-Г". Тема дипломного проекту достатньо актуальна, так як від надійності засобів автоматизації котельного обладнання вагомо залежить безпека людей.

Розроблена система автоматичного керування забезпечує наступні вимоги:

- підтримання величини тиску газу на заданому рівні;
- збір та зберігання інформації, отриманої від датчиків а також керування процесом режиму роботи водогрійного котла.

За допомогою мікропроцесорної системи відбувається процес керування за виконавчими механізмами. Вони в свою чергу виконують функції регулювання за відповідними виконавчими пристроями.

## ЗМІСТ

Анотація.....	4
Зміст .....	5
ВСТУП.....	8
1 Аналітична частина .....	10
1.1 Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації технологічного процесу, що лежить в основі завдання на проектування .....	10
1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки.....	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Призначення і характеристика розроблюваної автоматичної системи регулювання, виконання функцій і принцип дії вимірювальних субблоків регулятора «Pg5» .....	24
2.2 Розробка технологічного принципу роботи, а також здійснення контролю та керування за тиском води і газу в системі автоматичного регулювання даного водогрійного котла "Факел-Г" .....	29
2.2.1 Принцип роботи водогрійного котла "Факел – Г" .....	30
2.2.2 Проходження процесу по витраті води та сигналізаційний контроль манометрів за роботою котла .....	37
2.2.3 Характеристика газо паливного блоку «ЛН-1», в якому проходить процес контролю та керування тиску газу в автоматичній системі керування	
51	
2.3 Техніко-економічне обґрунтування розроблюваної автоматичної системи регулювання.....	57
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	60
3.1 Аналіз вихідних даних на завдання для проектування виробничої системи.....	60

3.2	Характеристика і призначення функцій роботи мікропроцесора «KP580BK28» в розроблюваній автоматичній системі контролю .....	62
3.3	Обґрунтування необхідності проектування та проведення аналізу функціональної схеми водогрійного котла при підборі нестандартного обладнання .....	65
3.4	Призначення і принцип роботи мікросхем, які входять до складу автоматичної системи керування .....	66
3.5	Розробка вузла вводу аналогових сигналів в мікропроцесорній системі керування котлом .....	74
3.6	Розробка функціональної схеми мікропроцесорної системи керування .....	77
4	Науково-дослідна частина .....	87
5	Спеціальна частина .....	106
5.1	Розробка алгоритму роботи для проектованої автоматичної системи керування .....	106
5.2	Аналіз роботи автоматичної системи керування котла на базі автоматики керування КСУМ 1 .....	110
5.3	Опис алгоритму пуску і зупинки та здійснення керування котлом, на базі автоматики КСУМ 1 .....	112
5.4	Розробка керуючої програми на мові Асемблер для мікропроцесорної системи керування .....	114
6	Обґрунтування економічної ефективності .....	121
6.1	Планування технічної підготовки виробництва проектованого пристрою .....	121
6.2	Визначення економічної ефективності нового пристрою .....	125
6.3	Розрахунок затрат на виготовлення нового пристрою .....	127
6.4	Визначення лімітної ціни нового пристрою .....	134
6.5	Визначення затрат по експлуатації нового пристрою .....	135
6.6	Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації нового пристрою .....	140
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	143

7.1	Заходи з охорони праці .....	143
7.1.1	Пожежна профілактика в котельні.....	143
7.1.2	Перша допомога людині при ураженні електричним струмом .....	148
7.1.3	Характеристика котла з точки зору охорони праці.....	150
7.2	Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях .....	153
7.2.1	Класифікація та види захисних споруд, системи їх життєзабезпечення.....	153
7.2.2	Протирадіаційні укриття.....	154
8	Екологія .....	166
8.1	Актуальність охорони навколишнього середовища .....	166
8.2	Забруднення довкілля, що виникають в результаті роботи водогрійних котлів .....	167
8.3	Заходи по зменшенню забруднення довкілля.....	170
	Висновки.....	174
	Бібліографія.....	175

## ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів приводить до подальшого збільшення продуктивності праці, ефективного регулювання процесу по витраті тепла. Настроювання автоматичної системи регулювання полягає в тому, щоб маючи відомості про об'єкт керування і задані вимоги до всієї системи, забезпечити найбільш повну їх реалізацію.

Задача автоматичного регулювання – забезпечення заданого технологічного режиму роботи системи без безпосередньої участі людини. Процес регулювання може відбуватися по відхиленню параметра від заданого значення. За таким принципом діє, наприклад, регулятор по тиску газу, для підтримання його заданого параметру в газопаливному блоці котла.

Такий принцип регулювання по збуренню дозволяє усунути вплив на систему якихось визначених видів відхилень. За таким принципом можна здійснювати регулювання температури в приміщенні в залежності від температури навколишнього середовища, зміна якої є збурюючим фактором.

В даній дипломній роботі розробляється автоматична система за введенням контролю, регулювання тиску води, газу при заданих його значеннях. Проектована автоматична система керування повинна забезпечувати наступні технологічні параметри:

- ефективно регулювання за процесом спалювання палива у пальнику, в залежності від температури навколишнього середовища;
- процес керування регулятором «Рг5» в базовому варіанті, а в проєктованому з допомогою мікропроцесора «КР580ВК28», за роботою виконавчого механізму;
- підтримування виконавчим механізмом клапана в положенні, при якому, пройшовши через нього тиск води чи газу, буде відповідати заданому значенню;

- збір і зберігання інформації, що характеризує стан роботи устаткування від певної кількості відповідних пристроїв.

На сучасному рівні розвитку машинобудування, приладобудування і автоматизації професійна майстерність являється важливою умовою ефективності використання складних пристроїв автоматизації. При цьому велика робота проводиться для забезпечення надійної і безперебійної експлуатації, регулювання і наладки елементів автоматики і систем в цілому відводиться спеціалістам по контрольно-вимірювальних пристроях і автоматики, які повинні вирішувати практичні задачі, що потребують ґрунтовних знань і великої технічної майстерності. При постійному ускладненні систем автоматики, впровадженні промислових роботів підвищуються вимоги до обслуговуючого персоналу.

Досвід створення електричних схем автоматичного контролю і керування, а також розробок уніфікованих датчиків – перетворювачів являється базою створення і подальшого розвитку державної системи промислових автоматизованих пристроїв. Автоматизовані системи керування являються тою формою синтезу традиційної автоматики і комплексним проробленням проблем керування взагалі, яке відповідає сучасним потребам науково-технічного прогресу.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації технологічного процесу, що лежить в основі завдання на проектування

Технологічний процес роботи водогрійних котлів до яких підводиться газ низького тиску, автоматизовано переважно за допомогою електричних регуляторів. Щоб не було статичної помилки необхідно, щоб не було її виникнення в схемі регулятора по його принципу дії. Для цього в автоматичній системі керування вводять спеціальні коректуючі пристрої, в автоматизовану систему регулювання включаються послідовно (інтегруючі ланки) або паралельно (зворотні) зв'язки.

Головне завдання зворотного зв'язку – зміна властивостей окремої ланки, або їх групи з метою покращення якості регулювання і надання перехідному процесу стійкості стабілізації системи регулювання. В даній дипломній роботі використовуємо регулятор з пружним зворотним зв'язком, який називається ізодромним, або ПІ-регулятором «РГ5».

В регулюючих блоках регулятора «РГ5» є коректуючий пристрій, який забезпечує ПІ – закон регулювання. Конструкція приладу «РГ5» складається із зварного каркасу (1) з передньою панеллю (2), який об'єднує два субблоки (3 і 4).

Станція керування приладу «РГ5», розміщена на передній панелі каркасу, включає в себе:

- а) ручний за датчик – 5;
- б) індикатор положення ВМ – 6;
- в) перемикач типу керування "ручне-автоматичне" – 7;
- г) перемикач команд керування "більше" (-), "менше" (̄) – 8;



В пристрої субблок Р-011 (4) – регулюючий. А субблок Р-012 (5) – вимірювальний. Субблок Р-011 виконує функції формування закону регулювання і комутації вихідних схем, а Р-012 призначений для сумування електричних сигналів, поступаючи від диференційно – трансформаторних датчиків. На задній стінці каркасу розміщена клемна колодка із 20-ма комутаційними затискачами для підключення зовнішніх електричних з'єднань. Конструктивна схема приладів регулятора «Рг5» приведена на рисунку 1.1.

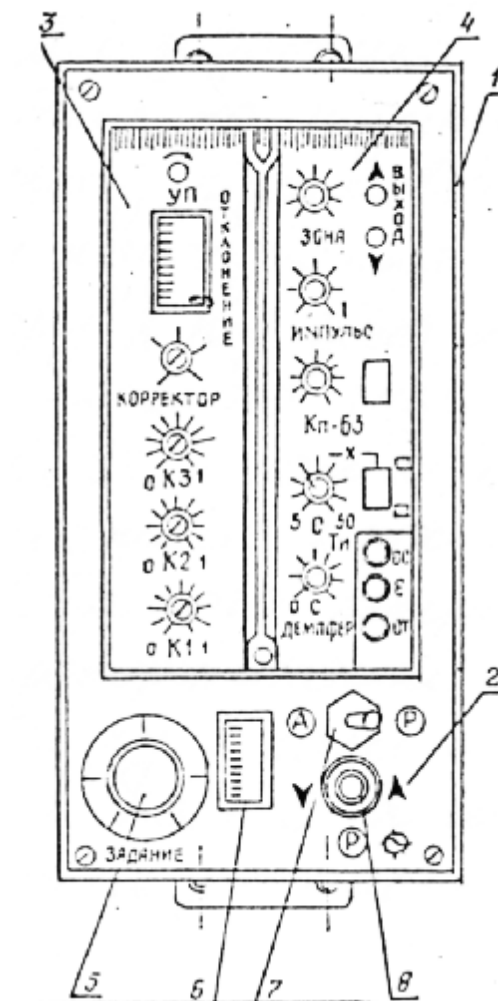


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема приладів регулятора «Рг5»

У вибраному ПІ-регуляторі для пружного зворотного зв'язку на керуючий елемент відбувається не тоді, коли закінчується головна постановка регулюючого клапана, а після проходження деякого часу, що приведе до

допоміжної постановки регулюючого клапана (РК). Структурна схема автоматичної системи регулювання з блоком «Рг5», приведена на рисунку 2.2.

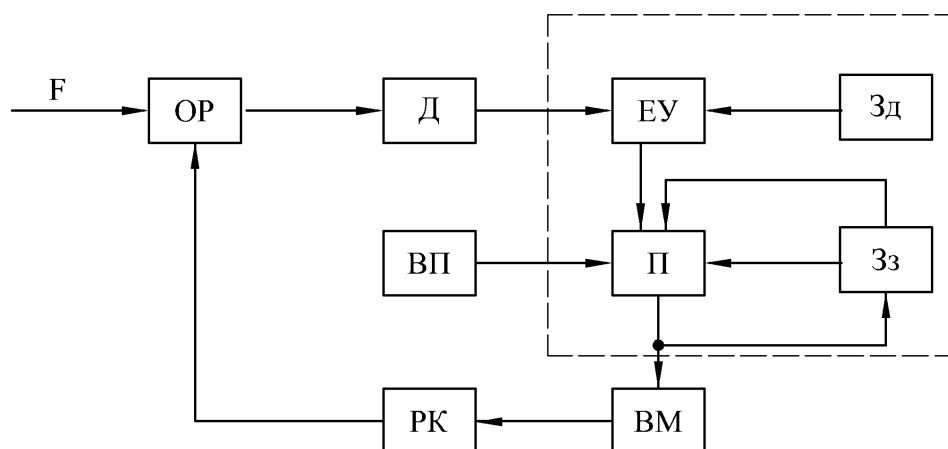


Рисунок 1.2 – Структурна схема АСР з блоком «Рг5»

В структурній схемі автоматичної системи регулювання об'єктом регулювання – ОР, являється ділянка газу паливного блоку підводу тиску газу в пальник топки даного водогрійного котла "Факел – Г". В системі застосовується зворотний від'ємний зв'язок по вихідному електричному сигналу. При рівності електричних сигналів від датчика Д і задавача Зд сигнал з елемента узгодження ЕУ, який подається на підсилювач П рівний нулю  $DX = X - X_0 = 0$ , при цьому сигнал на виході підсилювача відсутній, а сигнал зворотного зв'язку -  $X_{oc} = 0$ . Сигнал неузгодження  $DX$  при дійсній зміні значення регулюючого параметру  $X$  під дією яких-небудь збурень, і який стане нерівний його заданому значенню  $X_0$ , з елемента узгодження поступить на підсилювач, а потім підсилений на виконавчий механізм, який буде рухатися з постійною швидкістю неперервно. В залежності від вибраного коефіцієнта пропорційності  $K_p$  буде збільшуватися електричний сигнал зворотного зв'язку і коли його величина буде рівною сигналу неузгодження  $(DX - X_{oc}) = 0$ , виникне компенсація вхідного сигналу, вихідний сигнал знімається з підсилювача і виконавчий механізм зупиняється.

Потім починає діяти ізодромна частина ПІ-регулятора, в залежності від вибраної величини часу ізодрому  $T_i$  сигнал зворотного зв'язку ЗЗ з повною швидкістю починає зніматися. коли різниця між сигналом неузгодження  $D_X$  і сигналом зворотного зв'язку  $X_{oc}$ , стане рівною порогу чутливості підсилювача П, на його виході знову з'явиться сигнал керування і виконавчий механізм ВМ починає рухатися ступінчато, в залежності від продовження імпульсу сигналу керування, який виставляється на підсилювачі.

Одночасно знову збільшується сигнал зворотного зв'язку на підсилювачі і при рівності сигналу неузгодженості  $D_X$ , який поступає неперервно на підсилювач, і  $X_{oc}$ , сигнал зворотного від'ємного зв'язку, керуючий сигнал з підсилювача буде відсутнім. Потім цикл повторюється.

Пристрій «РГ5» має такі модифікації:

- підключення від 1 до 3-х диференційно – трансформаторних датчиків, які мають вихідний сигнал 0...0,5 В;
- модифікація «РГ5» дозволяє подавати на входи уніфіковані сигнали 0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В.

Вхідні схеми регулятора «РГ5» дозволяють керувати різною апаратурою сигналами 24 В постійного струму і 220 В змінного струму, а також керувати електродвигунами із симетричними обмотками без пускової апаратури, наприклад виконавчими механізмами типу МЕО. Технічні дані регулятора «РГ5»:

1. Живлення від однофазної мережі змінного струму напругою  $220_{-33}^{+22}$  В, частотою  $50 \pm 5$  Гц.
2. Споживана потужність від мережі. Не більше 25 Вт.
3. Вхідний опір пристроїв:
  - а) для 0...10 В, не менше 10 кОм;
  - б) для 0...5 мА, не більше 200 Ом;
  - в) для 0...20 мА, не більше 50 Ом.

4. Вихідні ключі пристрою комутують змінний (частотою 50 Гц) і пульсуючий постійний струм від 0,1 до 1 А при напрузі не більшій 220 В.
5. Активна складова навантаження пристрою при використанні внутрішнього джерела напруги 24 В постійного струму – 100 Ом.
6. Діапазон зміни коефіцієнта пропорційності для ВМ із часом робочого ходу, який рівний 63 с – Кп-63, 0,5-20 с.
7. Діапазон зміни часу ізодрому – 5-500 с.
8. Діапазон зміни постійної часу демпфування – 10 с.
9. Діапазон зміни тривалості вихідних імпульсів 0,1-1 с.
10. Зона коректора (внутрішнього широкодіапазонного задавача), визначена в % від номінального вхідного сигналу «Рг5» -  $\pm 10\%$ .
11. Діапазон зміни сигналу внутрішнього оперативного задавача, визначений в % від номінального вхідного сигналу  $\pm 20\%$ .

Згідно технічних даних пристрою «Рг5» до нього можна підключити датчики диференційно-трансформаторної системи. Датчики складаються з двох частин – чутливого елемента і диференційно – трансформаторного перетворювача. Принцип дії базується на властивостях взаємної індуктивності між первинною обмоткою збудження і вторинною обмоткою.

Електрична схема диференційно-трансформаторного перетворювача приведена на рисунку 1.3.

Конструктивно перетворювач складається із каркаса на якому знаходиться первинна і вторинна обмотки. Первинна обмотка розміщена по всій довжині каркаса, вторинна виконана зверху над нею у вигляді двох секцій з однаковим числом витків, причому включені вони назустріч одна одній. Всередині котушки розміщений сталевий стержень – плунжер із магніто - м'якого заліза, довжина якого менша довжини котушки.

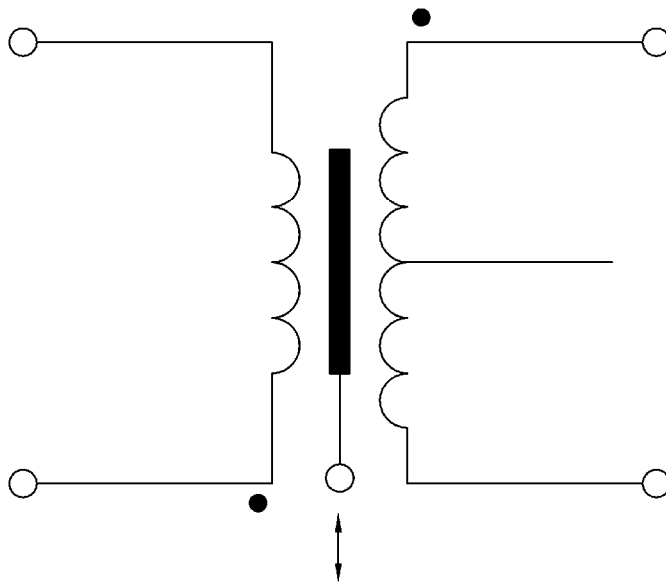


Рисунок 1.3 – Електрична схема диференційно-трансформаторного перетворювача

Якщо по первинній обмотці пропустити змінний струм, то у вторинній обмотці буде індукватися е.р.с. Індукована в цій секції е.р.с.  $e_1$  протилежна по фазі е.р.с.,  $e_2$ , яка індукується в другій секції. Величина е.р.с. буде залежати від положення плунжера відносно секцій вторинної обмотки перетворювача.

Якщо плунжер буде знаходитися в середньому, нейтральному положенні відносно секцій вторинної обмотки, тоді індуковані в цій кожній секції е.р.с. рівні, а оскільки вони направлені назустріч одна одній, то між початками секцій вторинних обмоток напруги немає,  $DU = 0$ . Коли плунжер зміщуватиметься від середнього нейтрального по положення вгору, то магнітний потік, проходячи через секції, буде різним для кожної з них.

Для верхньої секції він буде збільшуватися, а для нижньої – зменшуватися, в зв'язку з цим амплітуда (величина)  $e_2$  буде зменшуватися, а  $e_1$  - збільшуватиметься і між початками цих секцій з'явиться напруга  $DU = e_1 - e_2$  і її фаза буде відповідати фазі  $e_1$ .

При переміщенні плунжера вниз від нейтрального положення магнітний потік перерозподіляється відносно секцій вторинної обмотки перетворювача. Внаслідок цього е.р.с. нижньої секції  $e_2$  буде збільшуватися, а е.р.с. верхньої

секції  $e_1$  буде зменшуватися, і напруга відповідно на виході вторинної обмотки перетворювача  $DU = e_2 - e_1$  збільшуватиметься і її фаза буде відповідати фазі  $e_2$ . Живиться первинна обмотка змінним струмом напругою 12 В. Вихідні дані перетворювача гарантуються для струму живлення  $125^{+12,5}_{-18,75}$  мА, частотою  $50 \pm 1$  Гц.

Для перетворення дистанційного вимірювання різниці тисків призначені дифманометри мембранні. Вибраний дифманометр мембранний ДМ-3583М призначений для пропорційного перетворення різниці тисків у вихідний уніфікований сигнал взаємного електроімпульсу. Також, даний дифманометр мембранний призначений спочатку для дистанційного вимірювання певної величини різниці тиску, наприклад – рідини.

Дифманометр мембранний має високу чутливість до вимірювання заданих параметрів (тиску газу, рідини), яка забезпечується за рахунок можливого виконання вторинної обмотки вторинної обмотки диференційно-трансформаторного перетворювача з великим числом витків.

Перетворювачі використовуються в системах контролю, автоматичного регулювання та управління технологічними процесами при вимірюванні витрати води, газу або пари по різниці тисків у звужуючих пристроях. Конструктивна схема перетворювача ДМ-3583М приведена на рисунку 1.4.

Принцип дії перетворювача базується на деформації чутливого елемента приладу під дією на нього різниці тисків, внаслідок чого переміщується плунжер диференційно-трансформаторного перетворювача, жорстко з'єднаний з чутливим елементом.

Переміщення плунжера в свою чергу перетворюється і пропорційне значення взаємної індуктивності між первинною обмоткою збудження та двома секціями вторинної обмотки, з'єднаних зустрічно.

Схема електрична принципова перетворювача приведена на рисунку 1.5.

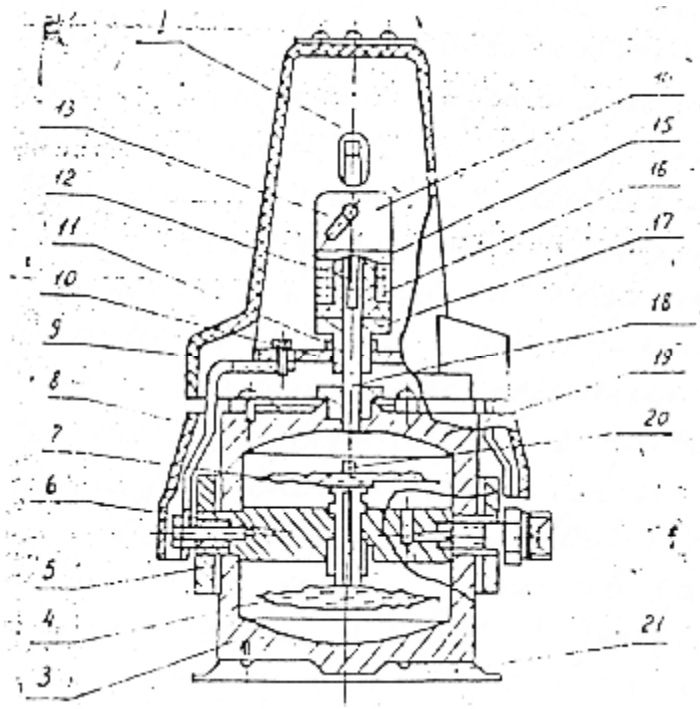


Рисунок 1.4 – Конструктивна схема перетворювача ДМ-3583М

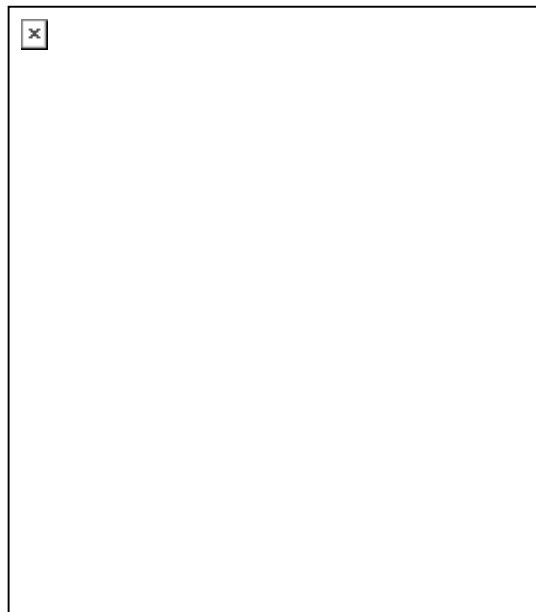


Рисунок 1.5 – Схема електрична принципова перетворювача ДМ-3583М

Чутливим елементом перетворювача являється мембранний блок, який складається з мембранних коробок, вкручених з обох сторін в подушку, затиснуту між двома кришками (2) з допомогою стяжної муфти (1). При цьому утворюються дві камери – "плюсова" (нижня) та "мінусова" (верхня).

Внутрішні порожнини мембранних коробок (3) сполучаються між собою. Через ніпель (4) обидві порожнини заповнюються водяним розчином етиленгліколю, після чого ніпель заварюється.

Тиск до перетворювача підводиться через штуцери. Під дією різниці тисків в камерах подушки (5) нижня мембрана коробки стискується і рідина з неї перетікає у верхню коробку, яка роздувається, що викликає переміщення плунжера диференційно-трансформаторного перетворювача і приводить, в свою чергу, до зміни взаємної індуктивності між первинним та вторинним колами. Деформація чутливого елемента відбувається доти, поки сили, викликані різницею тисків урівноважуються пружними силами мембранних коробок. В залежності від граничної номінальної різниці тиску в приладі встановлюються мембранні коробки певної жорсткості.

З ніпелем (6) верхньої коробки (7) зв'язаний плунжер диференційно-трансформаторного перетворювача. Плунжер знаходиться в середині розділювальної трубки (8). На розділювальній трубці надіта котушка диференційно-трансформаторного перетворювача. Плунжер знаходиться в середині порожнини (9) "мінусової" камери. Диференційно-трансформаторний перетворювач нарізним перехідником (10) спряжується з траверсою (11). На траверсі перехідник стопориться контрагайкою.

Дана конструкція дозволяє забезпечити налагодження перетворювача з мінімальною не лінійністю вихідної характеристики, що досягається плавним переміщенням ковпачка (12) вздовж вісі котушки. На перетворювачі (13) дифттрансформатор (14) розміщений на загальному каркасі (15) і закритий нерухомим корпусом (16) та рухомим ковпачком (17), які служать для екраном (18).

Після заповнення перетворювача, потрібно підключити трубопроводи (19) імпульсних ліній (20). При підключенні перетворювача до вторинного приладу потрібно керуватися за його електричною принциповою схемою. При підключенні вторинного пристрою до джерела живлення вказівна стрілка замість нульової відмітки (21) може встановлюватись на максимальній. Для



усунення цього явища потрібно поміняти місцями кінці проводів первинної, або вторинної обмоток на перетворювачі або на вторинному приладі. Наприклад для перетворювача гнізда 1 і 2, або 3 і 4.

Живлення первинної обмотки диференційно-трансформаторного перетворювача здійснюється від вторинного приладу змінним струмом частотою  $50 \pm 1$  Гц, величиною  $0,125^{+0,0125}_{-0,0187}$  А. Розрахункові значення вихідного сигналу для перетворювача приведені в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахункові значення вихідного сигналу перетворювача ДМ-3583М

Значення вихідного сигналу		
Вихідне значення по струму	Напруга на опорі, В	
1,25	0,25	2,5
0,833	0,16	1,6
0,5	0,1	1,0
0,31	0,06	0,6

Для дистанційного виміру надлишкового і вакуумметричного тиску і для перетворення його в уніфікований струмінь вихідний сигнал застосовується манометр – перетворювач типу МП. Перетворювач має головну похибку  $\pm 0,6; 1; 1,5\%$  (для вакуумметрів -  $\pm 1; 1,5\%$ ). Принцип дії перетворювача базується на використанні деформації пружного чутливого елемента при стисканні його вимірюваним (газовим) тиском. Конструктивно-принципова схема перетворювача типу МП приведена на рисунку 1.6.

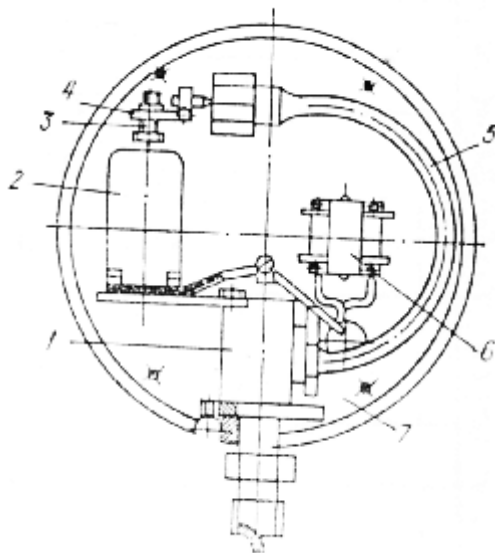


Рисунок 1.6 – Конструктивна принципова схема перетворювача типу МП

В перетворювачі вимірювальний блок складається із манометричної пружини (5), яка закріплена разом із котушкою (2) диференційно-трансформаторного перетворювача Тр1. Тиск в манометричну пружину подається через штуцер держака (1).

При зміні вимірюваного тиску газу кінець пружини переміщується. Це переміщення через наконечник передається жорстко зв'язаному з ним сердечнику диференційно-трансформаторної котушки. На стінці корпусу (7) розміщений силовий трансформатор. На первинну обмотку котушки подається напруга прямокутної форми частотою 800 Гц з підсилувача, зібраного на базі мікросбірки Е1 типу К2ДП2. Напруга із вторинної вимірювальної обмотки диференційно-трансформаторного перетворювача, пропорційна переміщенню сердечника, а значить і вимірюваному тиску, перетворюється мікросбіркою схемою Е1 в сигнал постійного струму. Живлення підсилувача здійснюється від мережі змінного струму через силовий трансформатор Тр2.

Електричний сигнал безпосередньо з МП – перетворювача, поступає в регулятор «Рг5». В ньому він підсилюється до певного значення параметру, який потрібний для приведення в дію виконавчого механізму. В свою чергу виконавчий механізм виконує функцію регулювання клапаном. Схема

зовнішніх електричних з'єднань перетворювача МП з регулятором «РГ5» приведена на рисунку 1.7.

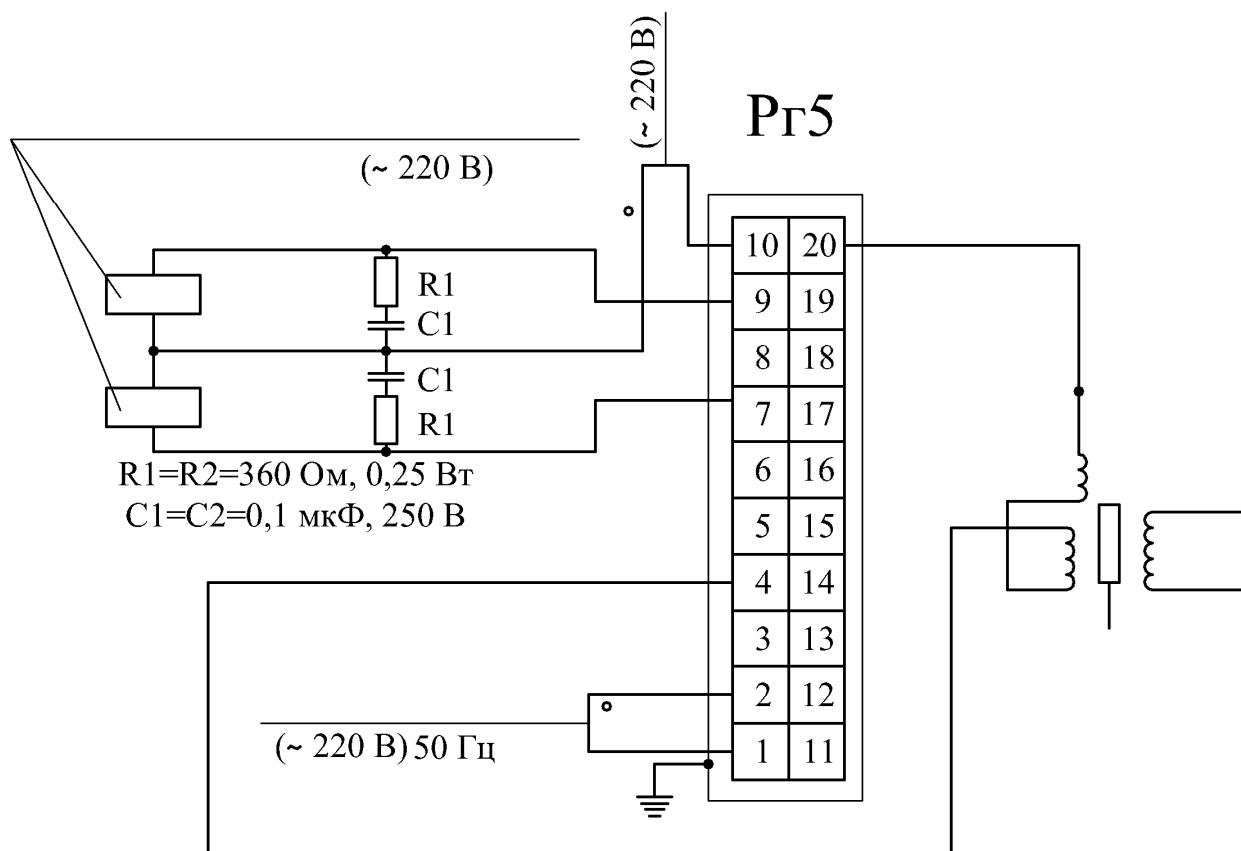


Рисунок 1.7 – Схема зовнішніх електричних з'єднань перетворювача МП

Живлення перетворювача МП здійснюється від мережі змінного струму напругою 36 В, частотою 50 Гц. Варіація вихідного сигналу перетворювача не перевищує абсолютне значення допустимої похибки. Вихідним сигналом перетворювача являється сигнал постійного струму 0-5 мА. Розрахункові значення вихідних сигналів для манометра – перетворювача і вакуумметра типу МП, приведені в Таблиці 1.2.

## 1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу і вибраного напрямку розробки

З впровадженням автоматизації в промисловості виникла необхідність контролю за процесом виробництва. Також, проходить контроль за допомогою автоматизованих електричних, електронних пристроїв за роботою водогрійних котлів.

Таблиця 1.2 - Розрахункові значення вихідних сигналів для манометра – перетворювача і вакуумметра типу МП

Верхня межа вимірів надлишкового тиску, %	Значення вихідного сигналу		
	Струм, мА	Напруга на опорі, В	
		200 Ом	2 кОм
0	0	0	0
25	1,25	0,25	2,5
50	2,5	0,5	5,0
75	3,75	0,75	7,5
100	5,0	1,0	10,0

За допомогою розроблюваної в даній дипломній роботі автоматичної системи регулювання проходить процес керування по витраті води, контролювання за тиском газу, щоб він відповідав потрібному визначеному значенню. Також. Під час роботи водогрійного котла відбувається процес встановлення мінімального параметру розходу газу.

Дані завдання досягаються шляхом використання сучасних методів автоматичного керування системи, впроваджуючи в ній блок ЕОМ. На базі ЕОМ, за її допомогою в автоматичній системі регулювання проходить контроль: за величинами значень електричних імпульсів, які надходять від

датчиків манометрів, за справністю їх роботи. Також, проводиться контроль за наданням відповідних сигналів, в електрично – сигналізаційну систему, які надходять від відповідних пристроїв. Безпосередньо проводиться: контроль подаванням певних електричних сигналів від мікропроцесора розроблюваного блоку ЕОМ, для включення електромагнітних приводів, виконавчих механізмів, відбувається процес керування за їх роботою.

Використання блоку ЕОМ дозволяє значно збільшити функціональні можливості автоматичної системи регулювання, після проведення реконструкції водогрійного котла, швидко замінити технологічні показники регулювання. Автоматизована система керування і контролю дає можливість підвищити продуктивність роботи водогрійного котла.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Призначення і характеристика розроблюваної автоматичної системи регулювання, виконання функцій і принцип дії вимірювальних субблоків регулятора «Pг5»

Автоматичне регулювання складається із контролю параметрів і керування виконавчим пристроєм. Параметром називається величина, яка характеризує умови технологічного процесу (температура, тиск), а величина, яку потрібно підтримувати постійною, або змінювати по заданій програмі, називається регулюючою.

В даній дипломній роботі характеристика автоматичної системи регулювання по контролю за тиском газу, щоб він був визначений і рівний потрібному значенню і керування клапаном від виконавчого механізму для переміщення його у певне положення, при якому на виході, величини значень параметрів (тиску рідини чи газу) будуть відповідати заданим для роботи даного водогрійного котла, повинні забезпечуватися певні вимоги. Ці вимоги повинні відповідати ефективній роботі водогрійного котла:

- поступлення сигналів інформації про стан роботи котла від певної кількості пристроїв – датчиків, в базовому варіанті від блоку вводу сигналів БВС, до блоку управління і сигналізації БУС з якого складається комплект автоматики КСУМ-1;

- отримання і зберігання зібраної інформації з можливістю отримання даних по режимах роботи водогрійного котла за будь-який період часу в блоці формування команд, який входить до складу БУС;

- забезпечення ПІ-закону разом з виконавчим механізмом постійної швидкості і контролю за тиском газу;

- контроль поступлення в певній послідовності команд, через відповідні проміжки часу на включення пристроїв (електродвигунів вентилятора, насосу,

виконавчих механізмів), з програмуючого таймера БПТ в блочно керувально – сигналізаційну систему;

- порядок поступлення логічних значень внутрішніх команд з блоку БФК під керуванням БПТ в блок герконових реле БГР;

- виконання функцій сигналізації і блокування у взаємозв'язаних між собою блоках: блоці контролю полум'я БКП, блоці герконових реле БГР – блоку аварійного захисту, керівного включення в робочий цикл виконавчих механізмів.

Для виконання цих умов використовуються високоточні вимірювально-регулювальні пристрої: регулятор «Рг5», манометр – перетворювач типу МП. Блок БУС. Який входить до комплексу автоматики КСУМ-1. За допомогою розроблюваного блоку ЕОМ, включеного до складу АСР, збільшується можливість швидко контролювати і керувати за певною послідовністю роботи пристроїв, по якій відбувається режим технологічного процесу роботи котла. Мікропроцесор типу «КР580ВК28» замінює схеми блоків, які входять в БУС, швидше контролює і передає електричні сигнали імпульсів через паралельний порт «КР580ВВ55» на включення виконавчих механізмів пристроїв. Також, він швидше контролює за процесом роботи всіх виконавчих пристроїв котла, і при виникненні аварійної ситуації подає команду на його зупинку.

Регулятор «Рг5» виконує наступні функції:

- сумування сигналів від джерел інформації (датчиків первинних приладів); ведення сигналу задання і підсилення сигналів відхилення;
- забезпечення ПІ-закону регулювання разом з виконавчим механізмом постійної швидкості;
- генерація сигналів постійного і змінного струму для управління ВМ постійної швидкості;
- ручне керування виконавчими механізмами;

- перетворення сигналів від диференційно-трансформаторного датчика положення виконавчого механізму в сигнал постійного струму.

Субблок Р-011 в даному регуляторі «Рг5» виконує функції формування закону регулювання і комутації вихідних схем. В субблоці формується закон регулювання: трьохпозиційний або ПІ-закон. При підключенні живлення  $\pm 15$  В і вхідного сигналу постійного струму  $0 \pm \dots 10$  В в субблоці здійснюється:

- демпфування (згладжування пульсацій) вхідного сигналу;
- формування послідовності вихідних імпульсів;
- реалізація пропорційно – інтегрованого закону регулювання;
- функції трьохпозиційного релейного елемента;
- гальванічне розділення вхідних і вихідних схем;
- сигналізація станів виходів.

Основу структурної схеми регулюючого блоку Р-011 складає трьохпозиційний релейний елемент, охоплений від'ємним зворотним зв'язком у вигляді аперіодичної ланки, яка виконана на операційному підсилювачі – УОС. Структурна схема регулюючого субблоку дозволяє, наприклад, при стрибкоподібній зміні вхідного сигналу змінювати сигнал зворотного зв'язку лінійно по величині в часі і тривалості першого включення, яке визначається  $K_p$  – потенціометром для зміни пропорційності, тобто яку ділянку шляху повинен пройти виконавчий механізм свого робочого ходу при визначеному відсотку відхилення регулюючого параметру від його заданого значення. Структурна схема регулюючого субблоку Р-011 приведена на рисунку 2.1.

В суматорі  $S_{\Sigma}$  на вході реле вхідний сигнал, який пройшов через демпфер шумується з сигналом головної від'ємної і допоміжної додатної ланки зворотних зв'язків. Відхилення сумарного сигналу за межі зони нечутливості трьохпозиційного реле і тим самим викликає зміну сигналу від'ємного зв'язку, повернення схеми в стан рівноваги.



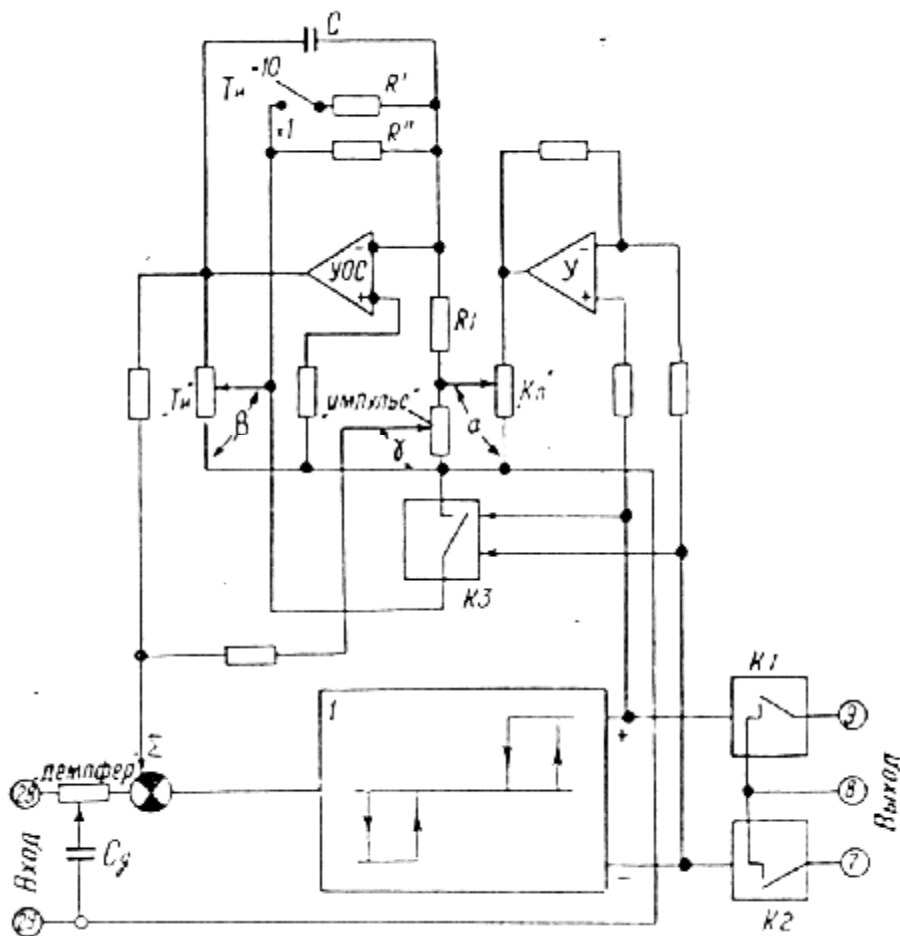


Рисунок 2.1. – Структурна схема регулюючого субблоку Р-011

Включення каналу реле викликає включення відповідного ключа  $K1$  або  $K2$  комутуючого струм навантаження приладу і ключа  $K3$  - подачі від'ємного зворотного зв'язку на вхід підсилювача зворотного зв'язку – УОС. Величина зворотного зв'язку задається потенціометром "Кп". Постійна часу зворотного ланки, яка визначається величиною  $RC$  ( $R$  і  $C$ ) обернено пропорційна частині вихідного сигналу підсилювача УОС, яка пропорційна положенню ручки потенціометра " $T_i$ " – часу ізодрому.

Субблок Р-012 призначений для виміру, сумування сигналів, отриманих від диференційовано-трансформаторних датчиків, вводить сигнал задання, перетворює сигнал датчика положення виконавчого механізму в сигнал постійного струму і стабілізує напругу живлення. Вимірювальна схема

субблоку Р-012 з підключенням до неї трьох диференційно-трансформаторних датчиків приведена на рисунку 2.2.

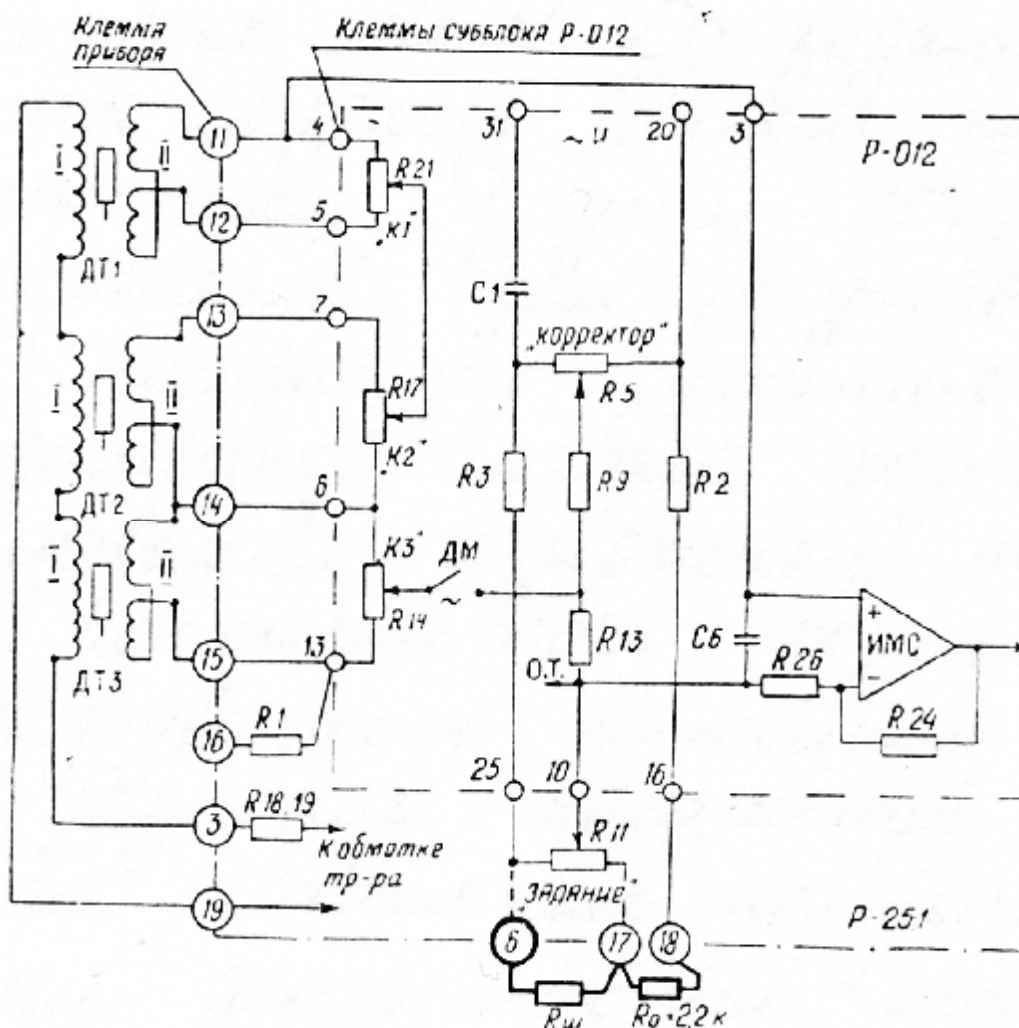


Рисунок 2.2. Вимірювальна схема субблоку Р-012 з підключенням диференційно-трансформаторних датчиків

Згідно вимірювальної схеми Р-012 регулятора «Рг5», первинні обмотки диференційно-трансформаторних датчиків ДТ1, ДТ2 і ДТ3 з'єднуються послідовно і підключаються до клем пристрою. Із вторинних обмоток датчиків сигнали змінного струму подаються на ділянки напруг  $K1$ ,  $K2$ ,  $K3$ , які використані для зміни коефіцієнту передачі по каналу кожного датчика від 0 до 1. разом з сигналами від моста змінного струму, який має змінні резистори – "коректор" ( $P5$ ), "задання" ( $P11$ ) і резистори  $R2$  і  $R3$ .

Перетворена демодулятором ДМ, змінна напруга в постійну, подається на вхід інтегральної мікросхеми ИМС, яка з своїми схемами створює операційний підсилювач. Він забезпечує нормування вихідної напруги субблоку.

## **2.2 Розробка технологічного принципу роботи, а також здійснення контролю та керування за тиском води і газу в системі автоматичного регулювання даного водогрійного котла "Факел-Г"**

Котел призначений для гарячого водопостачання будинків різного призначення. Котел складається з двох типів секцій – крайніх і середніх. Секції збираються у пакет за допомогою ніпелів і затягуються болтами. Внутрішні стінки труб, секцій і обмежуючі їх стикуючі ребра створюють конвективні газоходи. До передньої стінки секцій кріпляться автоматизований газопаливний блок «ЛН-1». До задньої стінки кріпиться регулюючий клапан газоходу. Також на байпасовій лінії газопроводу міститься другий регулюючий клапан. Він, як і перший призначений для регулювання тиску газу до заданого його параметру значення, при подачі його у пальник. В димоході котла розміщений шибер, призначений для регулювання розрідження тиску газу, до необхідного його значення. У вентиляторі розміщена заслонка, за допомогою якої відбувається постійний підвід тиску повітря (відповідний заданому значенню параметра), в пальник для стабільного горіння полум'я. пакет котельних секцій закритий декоративним кожухом з теплоізоляцією. Кожух зроблений у вигляді окремих легко знімних панелей – бокових і верхніх.

Приладний пульт кріпиться до нерухокої металоконструкції, яка не зв'язана з котлом і встановлена по місцю у відповідності з проектом котельні. Пульт керування автоматики КСУМ-1 і контрольно-вимірювальні прилади під'єднані до блоку БУС, який входить в блок «ЛН-1», встановлені поблизу котла і з'єднуються з ним електрокомунікаціями. Технічні характеристики

водогрійного котла "Факел – Г", при яких спрацьовує система автоматики для його захисту при виникненні аварійних ситуацій, приведені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики водогрійного котла "Факел – Г"

Назва причин	Показники
Підвищення температури води на виході із котла до значення, встановленого на терморегулюючому пристрої ТУДЕ-2	
Пониження розрідження в топці нижче, 0,5-1,5 кгс/м <sup>2</sup>	0,5-1,5; 0,8-1,5
Пониження тиску повітря перед газопаливним блоком, нижче 38 кгс/м <sup>2</sup>	38-40
Пониження тиску води на виході із котла до значення, встановленого на манометрів ЕКМ-1У	
Підвищення тиску води до значення, встановленого на манометрі ЕКМ-1У	
Погашення полум'я газу паливного блоку	

Система гарячого водопостачання – циркуляційна. Система тепlopостачання двохтрубна, закрита. Використовуване для підігріву труб в топці паливо – природний газ.

### 2.2.1 Принцип роботи водогрійного котла "Факел – Г"

Газ через кран і систему автоматичних клапанів газопаливного блоку «ЛН-1» поступає в топку проходячи перед тим по газоходу, який розміщується після вентилятора, де змішується з повітрям і підпалюється від електрогазового запальника.

Продукти згоряння, віддавши частину тепла топочної камері, яка підігрівається до температури 150<sup>0</sup>С двома потоками направляється в конвективні газоходи секцій. В секціях швидкість руху димових газів зростає, разом з якою їх тиск досягає значення 0,4 МПа, зростаючи по значенню параметра тиску в топці до максимального допустимого значення – 0,45 МПа.

Відповідно разом із зростанням тиску димових газів, в кінці виходів із котла газохідних секцій, зростає і їх температура, до значення 176<sup>0</sup>С. Циркуляційна вода, поступаючи від насоса, в топці до котла при температурі 150<sup>0</sup>С підігрівається в трубопроводі до температури 70<sup>0</sup>С, а на виході із котла при температурі 176<sup>0</sup>С досягає максимальної температури – 95<sup>0</sup>С. Котел призначений для роботи на воді, яка відповідає СНіП-36-73. Показники тепловиробничості водогрійного котла приведені в Таблиці 2.2.

Вода за допомогою насоса мережної води типу 4А250М6 поступає в котел через задній патрубок в нижній ніпельний канал. Параметри даних, які характеризують даний насос, що приводиться в рух за допомогою електродвигуна А2-71-4 приведені в Таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Показники тепловиробничості водогрійного котла

Розрахунковий режим	Продуктивність котла, МВт (Гкал/г)			
	Відпускання тепла на опалення і вентиляцію	Середньо-годинне відпускання тепла на технологічне водопостачання	Загальне відпускання тепла	Встановлена потужність двигунів, кВт
Максимальний зимовий	2,11 (2,05)	1,97 (1,40)	4,08 (3,45)	70,5
Найбільш холодний місяць	1,50 (1,02)	1,97 (1,40)	3,47 (2,42)	
Літній	-	1,20 (1,05)	1,20 (1,05)	

Таблиця 2.3 – Параметри даних для насосу мережної води типу 4A250M6

Позначення	Назва	Кількість	
<i>M</i>	Електродвигун А2-71-4; »220В; 22 кВт; 42А	1	
<i>KM, KK1, KK2</i>	Пускач магнітний типу ПНВС-10; $U_{\min}$ 220 В; $I_{\text{ном}}$ 5А.	1	
<i>SB1, SB2</i>	Кнопки керування, запобіжник ПР-1М, $I_{\text{пл.вс.}}$ 6А	1	

Електричні дані електродвигунів і електромагнітних пускачів, від яких вони спрацьовують, відповідних виконавчих механізмів однакові з електричними параметрами даного насосу.

Приведемо опис і розробку принципів електричних схем керування шибером димоходу, клапанами, та засувкою вентилятора від електродвигунів виконавчих механізмів типу МЕО.

Електричні схеми керування електродвигуном приводу насосу, клапанів та інших виконавчих пристроїв мають задовольняти такі вимоги:

1. При виконанні схем керування котушки магнітних пускачів повинні завжди бути під'єднані до нульового провідника, що виключає хибне спрацювання при появи "землі" в колах керування.
2. Схема керування повинна унеможливити одночасну подачу сигналів керування з пристроїв дистанційного та автоматизованого керування, і таксамо ймовірність подачі напруги на одну з котушок реверсного магнітного пускача при протіканні струму в іншій котушці.
3. Нормальна зупинка виконавчого механізму при відкритому або закритому положенні клапана, здійснюється при допомозі кінцевих вимикачів, які розривають коло живлення відповідної котушки реверсивного магнітного пускача.
4. Схеми керування клапаном, виконавчими пристроями (шибером димоходу, засувкою вентилятора), насосом, мають забезпечувати:

роботу електроприводів, від яких приводяться в рух дані пристрої, тільки під час дії імпульсу автоматичного керування. Самоблокування при дистанційному керуванні.

У відповідності до цих вимог розроблена схема керування електроприводами виконавчих механізмів, від яких приводяться в дію клапани певних вузлів автоматичної системи водогрійного котла і шибер димоходу, і приведена на рисунку 2.3.

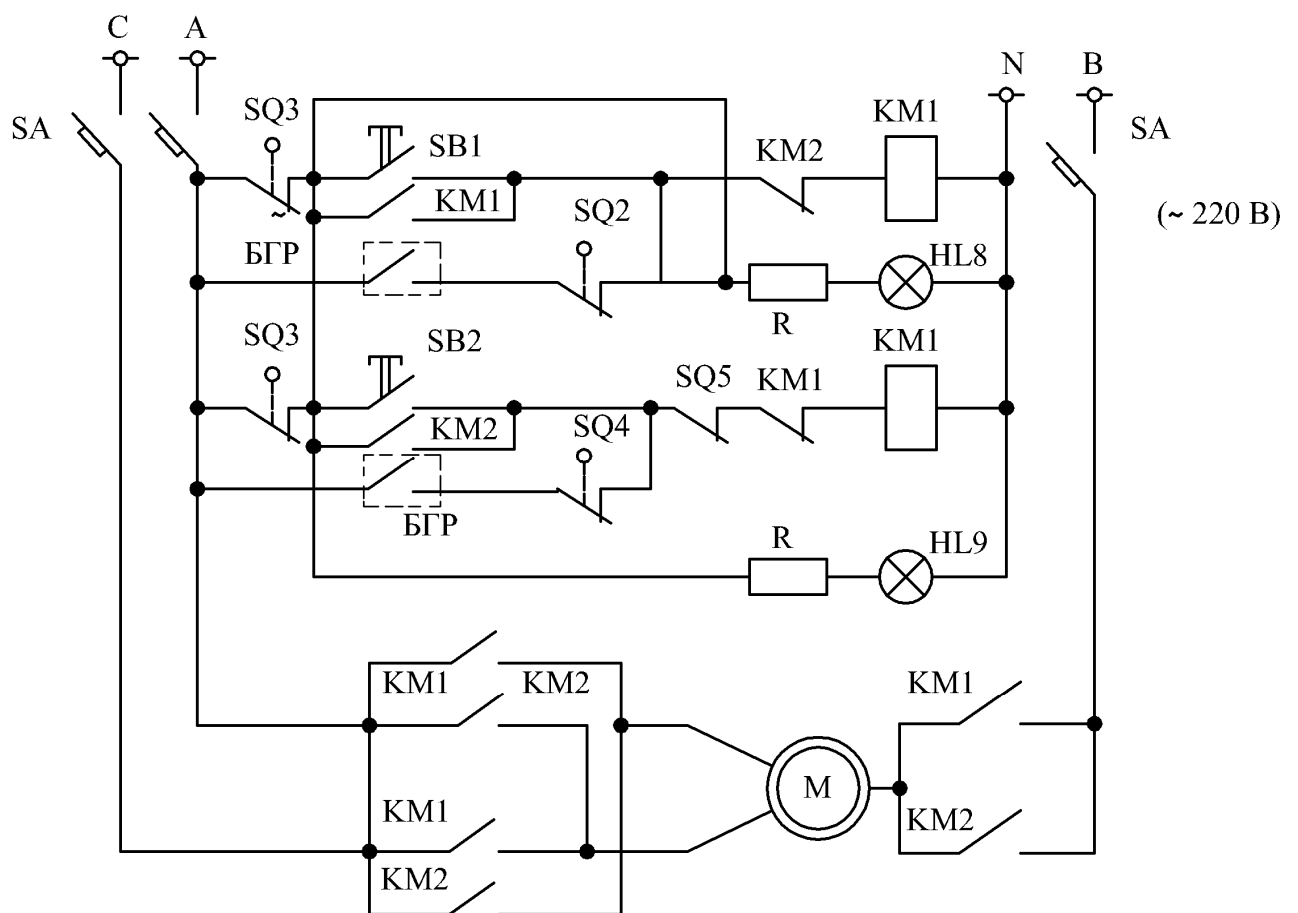


Рисунок 2.3 – Схема керування електроприводами виконавчих механізмів

Діаграма замикання контактів кінцевих вимикачів приведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Діаграма замикання контактів кінцевих вимикачів

В момент подачі командного імпульсу від кнопок дистанційного керування SB1 або SB2 подається живлення відповідно до котушок KM1 або KM2 реверсивного магнітного пускача. Пускач спрацьовує і залишається включеним через власний блок – контакт KM1 або KM2 і контакти кінцевих вимикачів SQ1 або SQ3.

При досягненні запірним пристроєм положення повного відкривання або закривання відповідний кінцевий вимикач розриває коло живлення котушки пускача і привід зупиняється.

Для попередження одночасного включення обох котушок магнітного пускача, крім механічного блокування, яким укомплектовується пускач, в схемі передбачено електричне блокування при допомозі розмикаючих ключів контактів KM2 або KM1. При випадковому заклинюванні запірного пристрою в проміжному положенні, відключення електродвигуна здійснюється контактами муфти крутного моменту SQ5, яка діє при закриванні.

Сигнальні лампочки HL8 і HL9 забезпечують сигналізацію відповідно закритого і відкритого положення клапана. В проміжному положенні світяться одночасно дві лампочки.

Для керування клапаном в автоматичному режимі від мікропроцесорної системи передбачене коло, де задіяні контакти блоку контактних реле БГР, та кінцеві вимикачі SQ2 та SQ4.





Крім того можлива аварійна зупинка насоса і вентилятора через кнопку SB5, контакт якої замикається від БГР.

В структурі конструкції водогрійного котла, входить пакет котельних секцій, встановлений на рамі, приладний щит, кожух з тепловою ізоляцією, арматура, гарнітура, КВП.

Типова структура схеми котла і допоміжного обладнання приведена на рисунку 2.6.

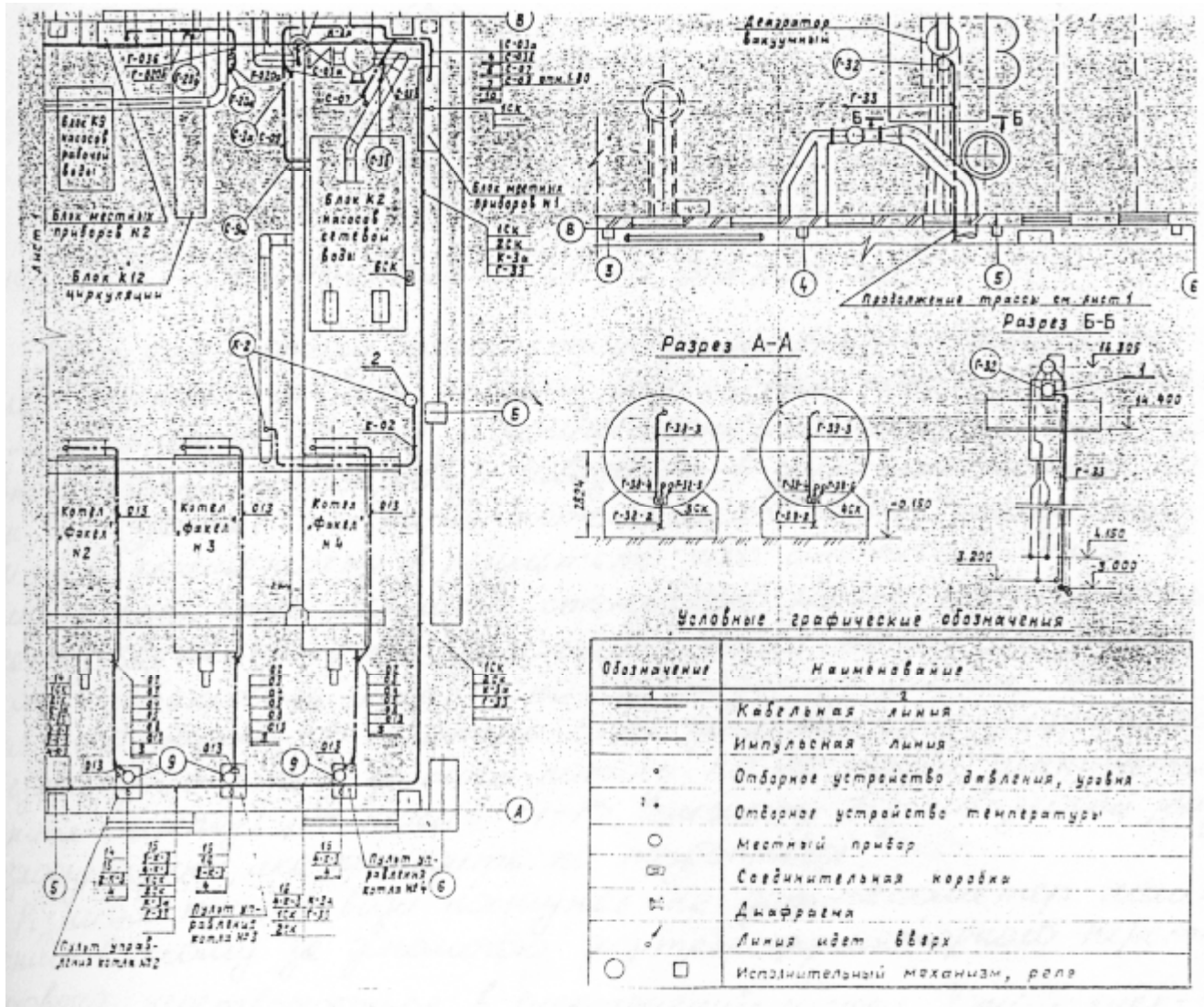


Рисунок 2.6. Структура схеми котла і допоміжного обладнання

## 2.2.2 Проходження процесу по витраті води та сигналізаційний контроль манометрів за роботою котла

Для визначення витрати води у водогрійному котлі застосовується діафрагма, принцип дії якої заснований на методі змінного перепаду тиску. Вимірювання витрати за цим методом базується на вимірюванні потенціальної енергії (статичного тиску) води, що протікає через місцеве звуження у трубопроводі. Діафрагма являє собою тоненький диск, що встановлюється в трубопроводі так, щоб його отвір був концентричним внутрішньому контуру січення трубопроводу. Конструктивна схема діафрагми приведена на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Конструктивна схема діафрагми

Звуження потоку починається до діафрагми, потім на деякій відстані за нею, завдяки силам інерції потік звужується до мінімального січення, а потім постійно розширюється до повного січення трубопроводу. Швидкість в звуженому січенні потоку води зростає і частина потенціальної енергії тиску переходить в кінетичну, в результаті чого статичний тиск в цьому січенні меншим статичного тиску перед частиною початку звуження диску діафрагми. Зміна тиску струменя по осі трубопроводу практично співпадає із зміною тиску біля його стінки, за винятком біля ділянки перед діафрагмою і безпосередньо в ній, де тиск потоку по осі труби зменшується. Різниця (перепад) цих тисків

$P_1$  та  $P_2$  залежить від швидкості руху (розходу) рідини, яка проходить по трубопроводі.

Різниця тисків води поступає на дифманометр мембранний, в якому за допомогою диференційно-трансформаторного перетворювача перетворюється в електричний сигнал. Потім електричний сигнал поступає в регулятор, зростає в операційному підсилювачі до 24 В і поступає до електричної схеми ВМ, типу МЕО-87.

Також в субблоці Р-011 проходить зміна сигналу взаємного зворотного зв'язку, який виникне із виключенням одного із каналів трьохпозиційного реле і поверне дану систему в стан рівноваги. При такій напрузі виконавчий механізм відкриє клапан до такого положення, через який буде проходити тиск води, яка в трубопроводі буде нагріватися до потрібного значення температури.

Якщо порушиться робота при виникненні поломок в регуляторі «Рг5», або виконавчого механізму і клапан буде знаходитися в при закритому або привідкритому положенні, тиск води в трубопроводі буде відповідно зменшуватися або збільшуватися і при цьому спрацює сигналізаційний пристрій манометра ЕКМ1-У. Пристрій прикріплений в штуцерному ввіді трубопроводу, подасть електричний сигнал в блочно – аварійну систему комплексу автоматики КСУМ-1 на виключення котла.

Для регулювання температури рідинних, газоподібних середовищ в системах автоматичного контролю і керування при статичному тиску до  $64 \text{ кгм/м}^2$ , або температурі від 0 до  $100^0 \text{ С}$  застосований пристрій терморегулюючий ділометричний (термобалон) ТУДЕ – 2. Він також виконує сигналізаційні функції.

Дія пристрою базується на пропорційній різниці приросту довжин чутливої трубки і стержня, від зміни температури регульованого середовища. Отриманий приріст перетворюється в миттєву вимикаючу дію контактного механізму, з допомогою якого і розмикаються (замикаються) контакти. Конструктивна схема пристрою ТУДЕ – 2 в пиловодозахисному виконанні приведена на рисунку 2.8.

Пристрій складається із наступних головних вузлів:

- а) ділометричний елемент;
- б) контактний пристрій;
- в) вузол налаштування задання.

Ділометричний пристрій складається із чутливої трубки (1), втулки (2), стержнів (4) і трубки (5). На вільному кінці стержня (3) кріпиться плита (6) з контактним пристроєм (7).

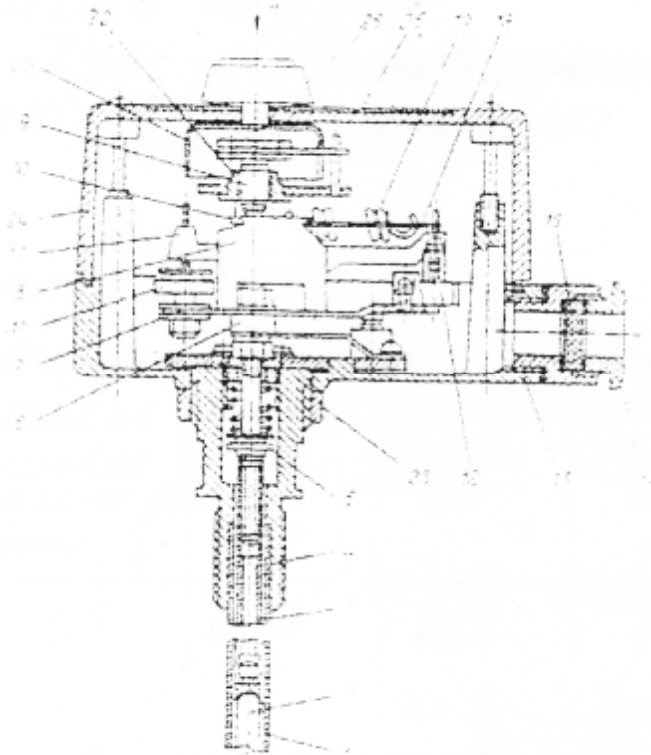


Рисунок 2.8 - Конструктивна схема терморегулюючого пристрою ТУДЕ – 2

Контактний пристрій складається із клемної панелі (8), важелів з ножовими опорами (9, 11), пружини розтягу (10), важеля з контактами (12) і гвинта (13) диференціала. Контактний пристрій кріпиться на стержні за допомогою двох гайок і втулки.

При зміні температури регульованого середовища змінюється довжина чутливої трубки, що викликає повздовжнє переміщення стержнів (14, 15) згідно з контактним пристроєм важіль (16) впирається в гвинт задання і замикає, або розмикає контакти. Вузол гвинта задання складається із гвинта і втулки.

На гвинті задання кріпиться поводок (17). Своїм виступом поводок входить в паз тарілки, яка кріпиться в кришці.

Корпус кріпиться до втулки (18) гайкою (19). Поворотом ручки (21) по шкалі (22) встановлюють потрібну регульовану температуру.

Контактний пристрій ТУДЕ – 2 комутує:

а) кола змінного струму напругою  $220_{-33}^{+22}$  В, частотою 50-60 Гц, силою струму від 0,1 до 10 А при омичному навантаженні, і від 0,1 до 2 А при індуктивному навантаженні, при  $\cos \varphi \geq 0,5$ ;

б) кола постійного струму напругою  $220_{-33}^{+22}$  В, силою струму від 0,1 до 4 А при омичному навантаженні.

Вага пристрою ТУДЕ-2 в пиловодозахисному виконанні не перевищує 1,5 кг. Технічні дані пристрою приведені в Таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні дані пристрою ТУДЕ – 2

Виконання	ТУДЕ - 2
Діапазон температур регульованого середовища, °С	0 – 100
Допустима головна похибка шкали задання, %	2,5
Діапазон диференціювання, °С	4-20
Довжина чутливої трубки, мм	265
Допустима товщина ізоляції, мм	50
Виконання корпусу	Пиловодозахисне
Позначення пристрою на заводі	ТУДЕ-2-4ПВ1В2

В основу функціонування виконавчих механізмів покладено принцип перетворення керуючого сигналу у вихідний рух клапана. Загальний вигляд електроприводу виконавчого механізму МЕО- 250/63- 0,25-87 приведено на рисунку 2.9.

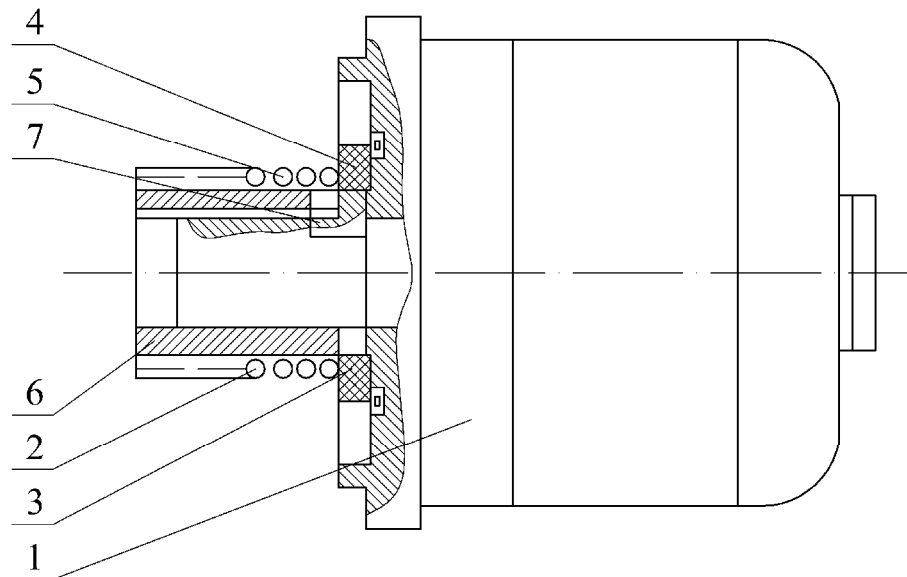


Рисунок 2.9 – Загальний вигляд електроприводу 2ДСТР

Гальмівний пристрій (3) складається із фрикційного кільця (4), встановленого на кришці (2) електродвигуна (1), гальмівного кільця (5) з пружиною (6), встановлених на шестерні 7. Для підключення зовнішніх електричних схем до механізму, використовується роз'єм в штуцерному ввіді.

Загальний вигляд виконавчого механізму приведено на рисунку 2.10.

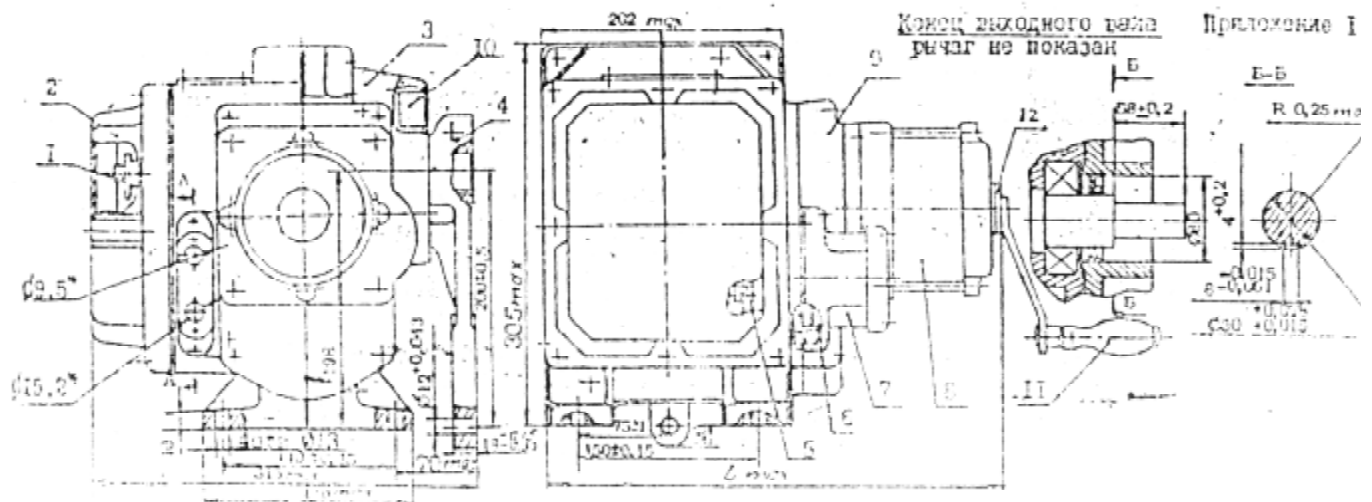


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд виконавчого механізму МЕО-87

В механізмі МЕО-87 черв'як редуктора (8) зв'язаний з електроприводом через проміжний вал – шестерню. Електропривід механізму складається із низько обертового електродвигуна типу 2ДСТР і гальмівного пристрою.

Електричне живлення виконавчого механізму здійснюється трьохфазним струмом, напругою:

- а) 220/380 В або 230/400 В, або 240/415 В, з частотою 50 Гц;
- б) 220/380 В, з частотою 60 Гц.

Основні технічні дані виконавчого механізму подані в Таблиці 2.5.

Для одночасного виміру температури води у трубопроводі в одній точці двома пристроями застосовуються двійні термоперетворювачі. Два електрично ізольованих один від одного чутливі елементи прикріплюються до трубопроводу. Для даного водогрійного котла вибраний платиновий термоперетворювач опору типу ТСП-0879-01.

Таблиця 2.5 – Головні технічні дані виконавчого механізму МЕО-87

Умовне позначення механізму	МЕО-250/63-0,25-87
Найменший обертовий момент на вихідному валу, Нм	250
Номінальний час повного ходу вихідного валу при частоті живлення 50 Гц, S	63
Номінальний повний хід вихідного валу, обертів, n	63
Споживана потужність механізму в номінальному режимі, W не більше, P	250
Вага, не більше, кг	28

В якості чутливого елемента ТСП використовують платинову спіраль, яка розміщена в каналах керамічного каркасу і закріплена там ізоляційним порошком. Складальна внутрішня схема перетворювача опору ТСП – 0879-01 приведена на рисунку 2.11.



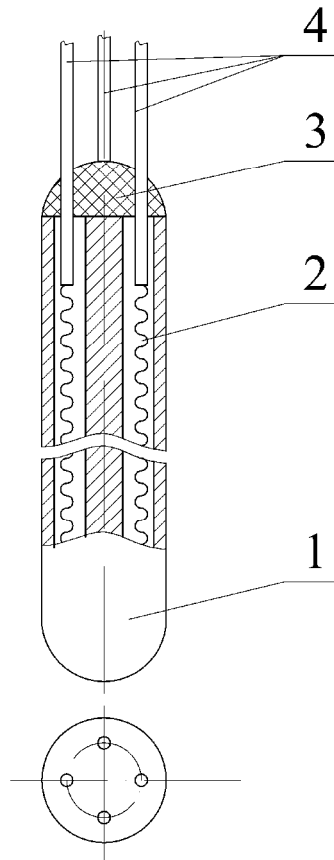


Рисунок 2.11 – Внутрішньо-складальна схема ТСП – 0879-01

Кріплення спіралей (2) і виводів (4) в каркасі здійснюється паралельно.

Чутливий елемент розміщений в захисному трубчатому чохла перетворювача опору. За допомогою з'єднаних проводів, електрично ізольованих один від одного, його підключають до колодки затискачів, яка розміщена у водозахисній головці пристрою.

Зовнішній вигляд конструктивної схеми ТСП – 0879-01 приведений на рисунку 2.12.

Трубчатий чохол складається із рухомого або нерухомого штуцера (1) і головки (2), яка закінчується гайкою (3). В головці міститься контактна колодка із затискачами для під'єднання проводів від перетворювача опору до вторинного пристрою. Технічні характеристики даних термоперетворювача опору ТСП – 0879-01 приведені в Таблиці 2.6.

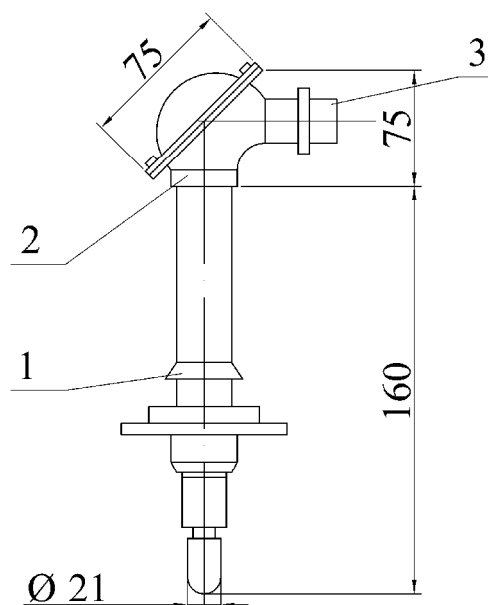


Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд конструктивної схеми ТСП – 0879-01

Перетворювач типу Ш87 в системі автоматичного керування даного котла працює в парі разом з термоперетворювачем опору типу ТСП.

Перетворювач типу Ш87 призначений для лінійного перетворення вхідних сигналів термоперетворювача опору у вхідні уніфіковані сигнали постійного струму 0 – 5 мА, або напруги постійного струму 0 -10 В.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики термоперетворювача опору

Тип	ТСП
Позначення номінальних статичних характеристик	50П
Межі виміру, °С	-50 , +150
Матеріал захисної арматури	Сталь 08Х13
Довжина монтажної частини, мм	60 – 500
Інерційність, с	30
Умовний тиск, МПа	0,4
Стійкість до механічної дії	Стійкий

Схема зовнішніх з'єднань перетворювача Ш87 приведена на рисунку 2.13.

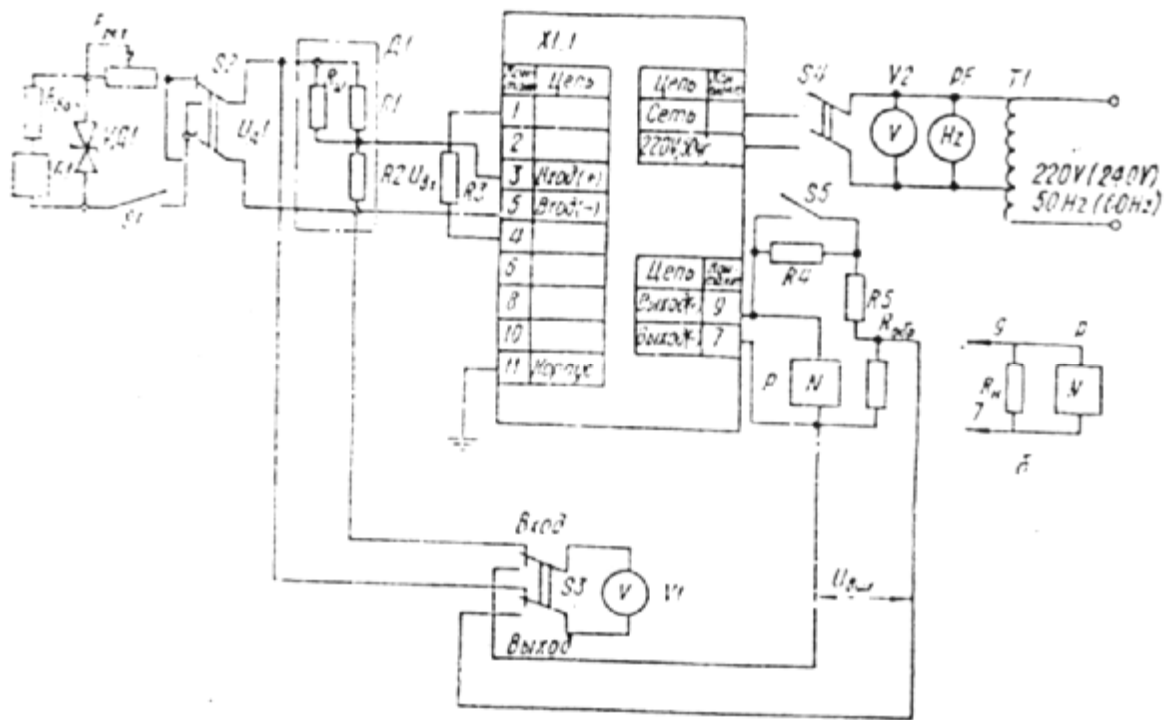


Рисунок 2.13 – Схема зовнішніх з'єднань перетворювача Ш87

Контакти 8 – 10 в схемі зовнішніх підключень перетворювача Ш87, в колодці X1.1 відключаються перемичкою. Відключається вхідний сигнал за допомогою перемикача S1. Опір магазину R3 встановлюють рівним заданому значенню.

Робота перетворювача даного типу складається із наступних типів налагодження: нуля; коефіцієнта підсилення; балансу вимірювального моста. Регулювання нуля перетворювача проходить наступним чином. Відключається магазин опору R3 перетворювача і встановлюється перемичка між контактами 2 – 4 колодки X1.1, після чого подається на вхід дільника Д1 напруга, яка відповідає напрузі перевірконої точки при  $m=0$  і потенціометром визначаються покази приладу  $V_1$  що дорівнюють 0 В. Регулювання тракту підсилення перетворювача проходить під час подання на вхід дільника Д1 напруги, рівного значення.

Налагодження моста проходить в наступній послідовності. Встановлюється опір магазину R3 рівним опору мідного резистора при  $60^{\circ}\text{C}$  125,68 Ом. Потім подається на вхід дільника Д1 напруга і потенціометром

регулюючий струм моста, встановлюється показ приладу  $V_1$ , рівний 0 В. Встановлюються перемички між контактами 4 -6, 6 – 8 колодки Х1.1 і потенціометром встановлюється показ приладу  $V_1$ , напругою, яка рівна 10 В. Технічні характеристики перетворювача типу Ш87 приведені в таблиці 2.6.

Для вимірювання тиску води в трубопроводі, щоб він переважно не зменшувався, бо клапан, який буде переважно розміщений біля крайнього відкритого положення регулюватиме швидкість води, при її збільшенні, застосований манометр показуючий електроконтактний «ЕКМ-1У». Він також призначений для сигналізації, або позиційного регулювання тиску води, газу, розрідження. Керування зовнішніми електричними схемами відбувається релейним методом, при максимальному і мінімальному заданих значеннях тиску води, газу, певних сигналізаційних контактів. При виключенні цих контактів, при ремонтів того чи іншого виконавчого пристрою, повторно запускають котел у роботу.

Таблиця 2.6 - Технічні дані перетворювача Ш 87

<b>Тип</b>	<b>Ш87</b>
Головна похибка, %	0, 5; 1,0
Опір, Ом	
вхідної схеми	150
лінії зв'язку з термоперетворювачем опору	-
Опір схеми виходу;	
0-5 мА	-
4-20 мА	-
0-10 В	10
Амплітуда пульсацій вихідного сигналу, В	0,2 – 0,5

Принцип роботи пристрою «ЕКМ-1У» базується на врівноваженні вимірювального тиску силами пружної деформації манометричної пружини.

Схема принципово-конструктивна манометра «ЕКМ-1У» приведена на рисунку 2.14.

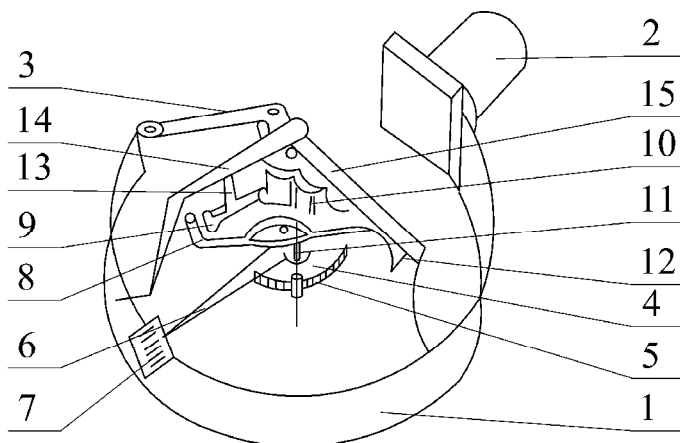


Рисунок 2.14 – Схема принципово-конструктивна манометра «ЕКМ-1У»

Вимірюваний тиск подається у внутрішню порожнину (1) манометричної пружини (2), один кінець якої жорстко закріплений в держаку (3), а другий вільний. При подачі тиску всередину пружини, переміщення її вільного кінця через тягу (4) передається на сектор (5) і трубку (6) з насадженою на її вісь втулку (7). Стрілка (8) переміщається вздовж шкали (9) і показує значення вимірювального тиску. Разом з показуючою стрілкою переміщується поводок, який несе на собі контакт (10). Поводок переміщається між двома рухомими поводками (11, 12), які несуть на собі контакти (13). Поводки обмежені стінками (14). Коли тиск досягає значення заданого сигнальними стрілками (15), поводок з контактами спрацьовує, замикаючи або розмикаючи тим самим електричну схему.

Схема підключення виходів манометра «ЕКМ-1У» до периферійного пристрою приведена на рисунку 2.15.

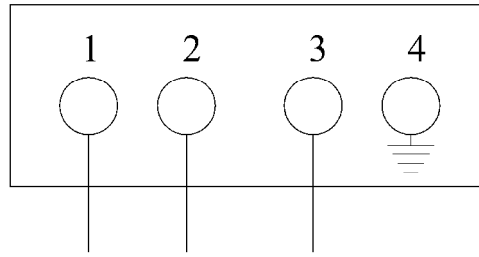


Рисунок 2.15 – Схема підключення манометра «ЕКМ-1У» до зовнішнього пристрою

Манометрична пружина з'єднана з держакон при допомозі пайки (у приладів з верхньою межею вимірювання до 10 МПа), або спеціальної гайки з внутрішньою та зовнішньою різьбою (у приладів з верхньою межею вимірювання більше 10 МПа). Схема електрична принципова манометра «ЕКМ-1У» аналогічна пристрою-термометру показую чому ТГП-100Сг. Принципова електрична схема приведена на рисунку 2.16.

Для комутації напруги зовнішніх електричних схем в сигналізу чому пристрої використовується два обмежені контакти (1), один з яких – замикає схему мінімального, а другий – максимального значення вимірюваного тиску (води чи газу) контрольованого середовища. Кронштейни (2), в які встановлені ці контакти (3), жорстко зв'язані з кольоровими індикаторами меж сигналізації відраховуючого пристрою і при встановленні необхідної величини сигналізації переміщуються при обертанні поводку (4) і натисканні кнопки. Поводки (5, 6), які несуть на собі рухомі контакти, кінематично зв'язані між собою спіральним волоском (7), при розкручуванні якого вони охоплюють ведучий поводок (8). Такий зв'язок обумовлюється тим, що після спрацювання сигналізу чого пристрою вимірюваний параметр може змінюватися в тому ж напрямку, що викликало появу сигналу, який при цьому не повинен зникнути. Це значить, що контакт при цьому повинен замкнутися, а показуючи стрілка – слідкувати за зміною параметру.

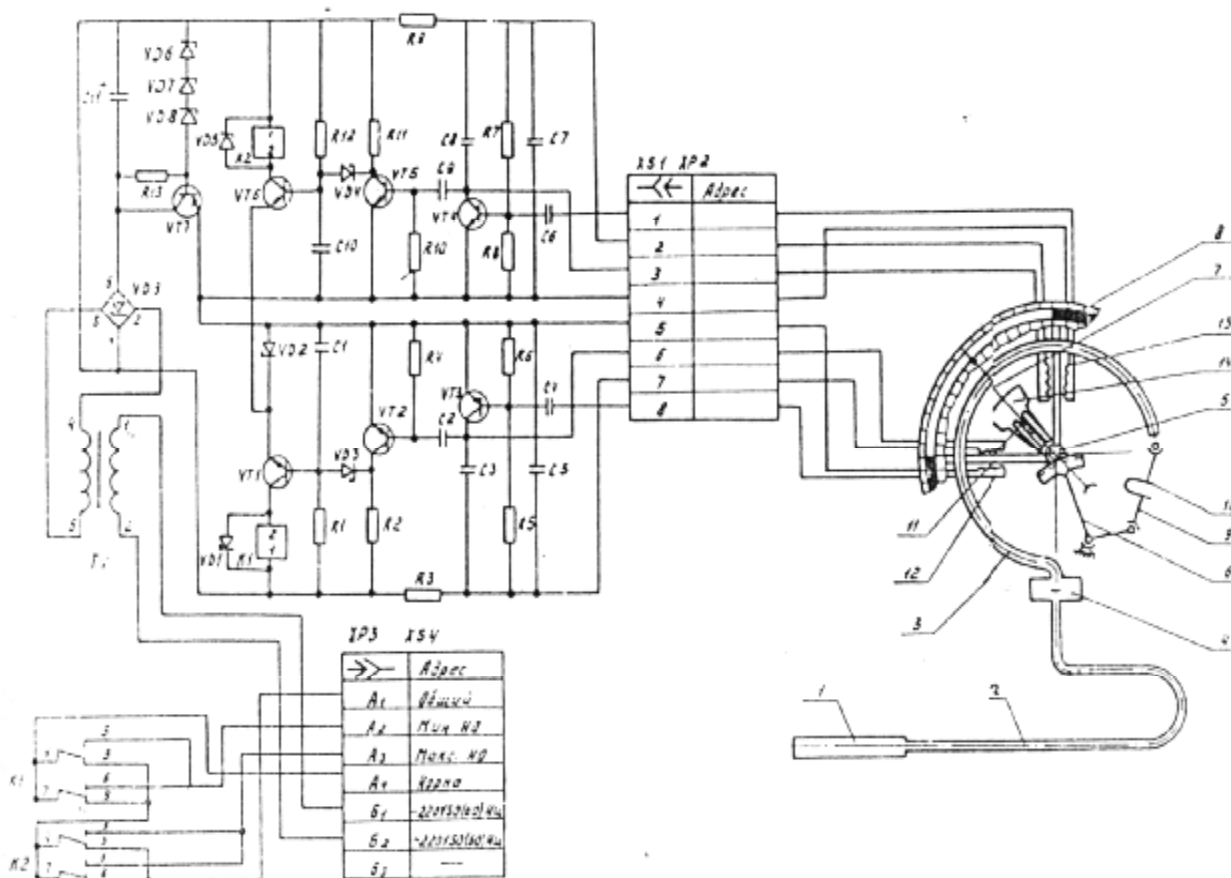


Рисунок 2.16 – Принципово-електрична схема манометра «ЕКМ-1У»

В склад сигналізуючого пристрою входять датчики електричного сигналу і блок електронний. Конструктивно сигналізуючий пристрій виконаний наступним чином. Кронштейни мінімального і максимального значення меж сигналізації з вмонтованих в них обмоток генератора, які перетворюють вимірний сигнал, під час входження шторки (9), яка переміщується під дією руху ведучого повідка між ними, в електричний сигнал, вони насаджені на вісь (10). На ній вільно обертається шторка і повідки (11, 12).

Повідки кінематично зв'язані між собою спіральним волоском (15), при розкручуванні якого вони охоплюють із двох сторін штифт шторки (14) і ведучий повідок (15).

Коли вимірюваний параметр знаходиться в зоні між кронштейнами, мінімальною і максимальною меж сигналізації, повідки зі шторкою вільно переміщуються разом з ведучим повідком, а на виході із цієї зони – шторка

входить в зазор між обмотками генератора високої частоти. Якщо зміна параметра буде продовжуватися в тому ж напрямку, шторка замкнеться, і тільки один із поводків буде переміщатися під дією ведучого поводка, розкручуючи спіральний волосок.

В якості датчиків електричного сигналу використовуються дві пари обмоток генератора високої частоти, при введенні в зазор між ними однієї із пар металічної пластини (шторки), проходить зменшення коефіцієнтів зворотного зв'язку, який викликає зрив генерації і спрацювання реле Р1, або Р2 електронного блоку.

Електронний блок міститься разом з сигналізуючим пристроєм в кожусі і змонтований згідно з принциповою електричною схемою, приведеною на рисунку. Електричний зв'язок між датчиками електричного сигналу і електронним блоком здійснюється за допомогою штепсельного роз'єму, із зовнішніми схемами зв'язок також здійснюється за допомогою штепсельного роз'єму.

Живлення схеми здійснюється через понижуючий трансформатор блока електронного. Електричне живлення сигналізуючого пристрою здійснюється змінною напругою  $220_{-33}^{+22}$  В і  $240_{-36}^{+24}$  частотою  $50\pm 1$  Гц, або  $60\pm 1$  Гц. Робоча напруга електроконтактного пристрою до 380 В змінного струму або 220 В постійного струму.

Вимірний і сигналізуючий пристрої манометра «ЕКМ-1У» вмонтовані в корпус діаметром 100 мм з переднім розміщенням монтажного фланця. Розривна потужність контактів 10 Вж, при максимальній силі струму 1 А. Головна похибка приладу  $\pm 1,6\%$  від межі виміру. Технічні характеристики манометра «ЕКМ-1У» приведені в Таблиці 2.7.



Таблиця 2.7 – Технічні характеристики манометра «ЕКМ-1У»

Назва пристрою	Позначення пристрою	Верхня межа виміру, МПа	
		надлишкового тиску	вакууметричного тиску
Манометр	ЕКМ-1У	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 2,5	-

### **2.2.3 Характеристика газо паливного блоку «ЛН-1», в якому проходить процес контролю та керування тиску газу в автоматичній системі керування**

Більшість автоматичних пристроїв використовується в газопаливному блоці «ЛН-1». В ньому встановлено наступне обладнання: електрозапальник газовий ЕГ, котушка запалювання Б115В, електромагнітні пускачі типу ПНВС-10, виконуючі механізми типу МЕО, клапани, шибер димоходу, повітряна засувка вентилятора, приладний щит, в якому розміщені пристрої (манометри), призначені для контролю параметрів подачі тисків: води в трубопроводі і газу в пальник водогрійного котла.

Пристрої підключені в свою чергу до блоку управління і сигналізації БУС, який теж входить до складу пульта. Приладний пульт складається із зварного каркасу із кутника, який кріпиться до механічних конструкцій котельні. В склад приладного пульта входять наступні пристрої: перетворювач типу МП, перетворювач типу Ш87, манометр показуючий сигналізаційно-електроконтактний, «ЕКМ-1У». Дані пристрої спрацьовують по черзі в залежності від початку роботи котла, коли проходить пуск і поступлення газу в пальник. Потім, при подальшому проходженні технологічного процесу в тому чи іншому вузлі котла, спрацьовують на пульті світлові індикатори від сигналів, поступаючих з відповідних пристроїв.

Після подачі газу в пальник, через певний проміжок часу з блоку БУС автоматичного комплексу керування КСУМ 1 поступить електричний сигнал напругою 24 В на спрацювання електромагнітного пускача, який замкне контакти в колі джерела живлення напругою 220 В, яка в свою чергу поступить на спрацювання електроприводу виконавчого механізму, який відкриє повітряну засувку. Принципова схема газопаливного приводу з комбінованим підводом повітря приведена на рисунку 2.17.

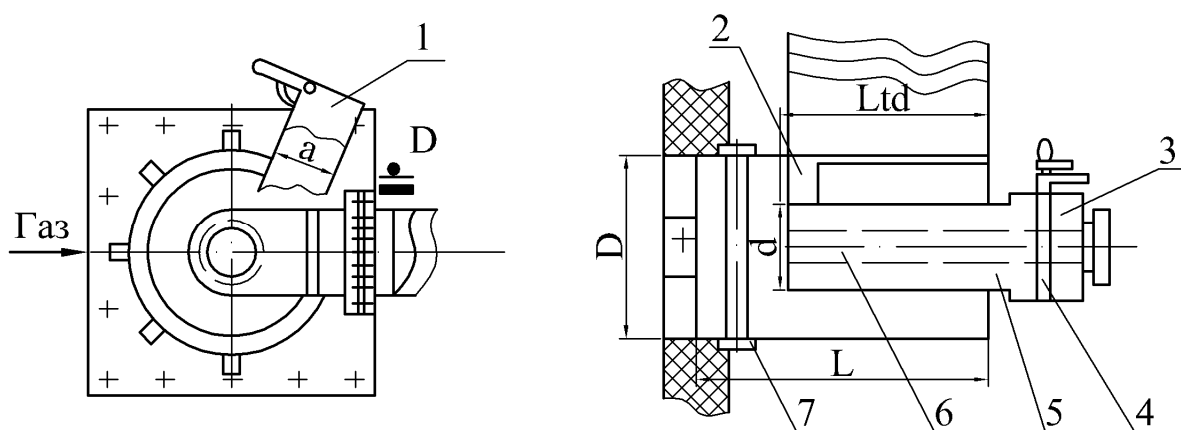


Рисунок 2.17 – Принципова схема газопаливного пристрою

Повітря в пальник подається по тангенціальному підводу і по осьовій трубці. Газ, виходить потоками з периферійної газової камери. Кут потоків по відношенню до відносячого потоку складає  $90^{\circ}$ . При такому тангенціальному підводі, повітря подається в циліндричний клапан.

В залежності від конструкції пристрою для закручування повітря, потоки, які ним видаються, можуть відрізнитися не тільки кількістю, але і якістю. Також, після подачі газу в пальник, через певний проміжок часу, з блоку БУС поступить електричний сигнал на електромагнітний пускач для включення електроприводу виконавчого механізму, який привідкриє в певне положення шибер димоходу. Привідкриваючим, або призакриваючим положенням шибера в димоході проходить процес регулювання розрідження димових газів по заданому значенню параметра в топці котла.

Важливою функцією в проєктованій автоматичній системі керування при розроблюваному блоці ЕОМ є записана програма керування режимом роботи котла в мікросхемі пам'яті К573РФ5. Також для високоефективної роботи автоматичної системи керування є використання високоточних пристроїв перетворювача МП, мікропроцесора «КР580ВК28».

За допомогою високої точності пристроїв, максимально вірно визначається керуючий вплив на виконавчий механізм в залежності від величини коректуючого параметру зміни тиску води, або газу. Також, зводиться до мінімального значення похибка регулювання, яка виникає під час змін проходження електричного сигналу, який їх зазнає від першої ланки автоматичної системи керування - датчика певного пристрою, до кінцевої – виконавчого механізму, при якому забезпечується максимально ефективний режим згоряння палива.

Використання в автоматичній системі керування мікропроцесора в газопаливному блоці, дає змогу точно керувати виконавчим механізмом, який в свою чергу буде закривати або відкривати клапан відповідно при збільшенні чи зменшенні тиску газу від заданого значення. Тиск газу (величина його параметру) надходить в перетворювач МП, в якому перетворюючись в електричний сигнал, поступає в мікропроцесор.

З мікропроцесора поступає електричний сигнал напругою 24 В на електромагнітний пускач, який замкне контакти джерела живлення напругою 220 В, яка поступить на включення електроприводу виконавчого механізму. Виконавчий механізм в свою чергу відкриє до певного верхнього положення клапан.

Приведемо короткий опис спрацювання електричної схеми перетворювача МП. Принципова електрична схема перетворювача МП приведена на рисунку 2.18.

У випрямлячі перетворювача використовуються діодні матриці Э2 і Э3 і фільтруючі конденсатори С1 і С2. Стабілізатори Д3, Д4, Д5 входять в склад

параметричного стабілізатора живлення підсилювача. Стабілізатори Д1 і Д2 застосовані для стабілізації амплітуди прямокутних імпульсів генератора.

Резистор R4 призначений для корекції температурної похибки перетворювача типу МП. Диністор Д6 введений в схему для стабільного запуску генератора. Встановлення початкового і верхнього меж значень вихідного сигналу здійснюється змінними резисторами відповідно R1 і R2.

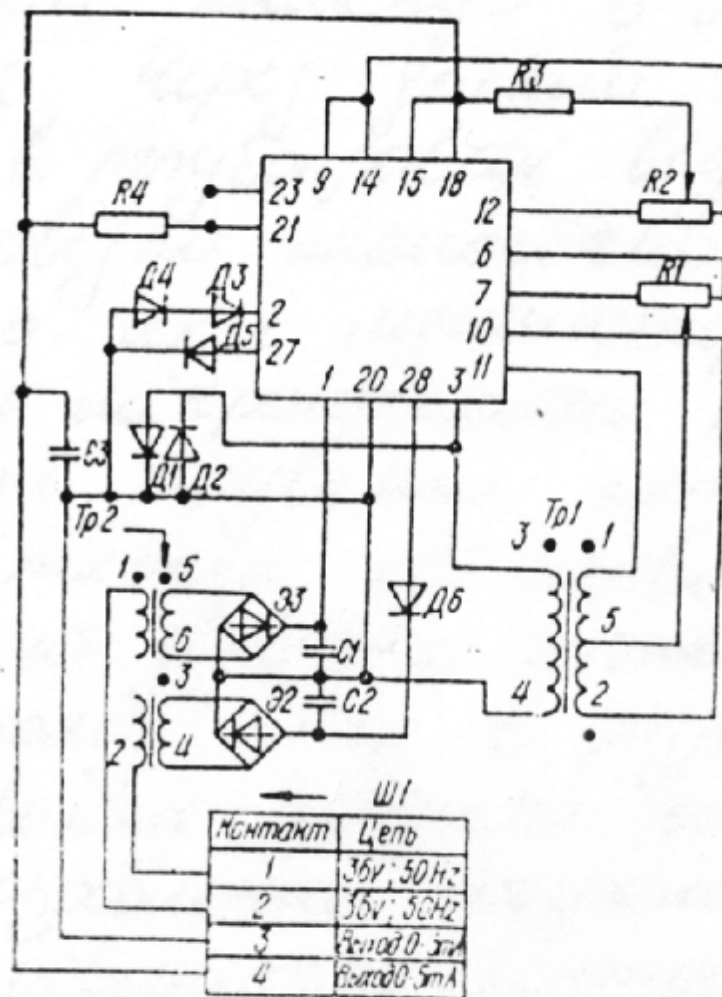


Рисунок 2.18 – Принципова електрична схема перетворювача МП

З'єднувальні лінії від місця подачі тиску до перетворювача прокладаються по найменшій відстані. Для прокладки ліній зв'язку

застосовуються кабелі з номінальним січенням жили від 0,75 до 1,5 мм<sup>2</sup> і зовнішнім діаметром до 16 мм.

Коли в процесі роботи котла зазнає поломки виконавчий механізм, мікропроцесор подає команду включення другого. Включення в роботу другого виконавчого механізму, розміщеного паралельно відносно першого, забезпечить безперебійну роботу котла, що приведе до певної економії газу.

При поломці і другого виконавчого механізму тиск газу в газопроводі не відповідатиме заданому значенню параметру і відповідно замкнуться контакти сигнального пристрою «ЕКМ-1У», який працює в парі разом із МП перетворювачем, і електричний сигнал поступить в мікропроцесор для подання з нього команди в блочно – аварійну систему на вимикання котла.

Через деякий час відповідно понизиться температура води в трубопроводі відносно потрібного значення параметру, і відповідно аналогічно спрацює терморегулятор ТУДЕ-2, так само як і манометр «ЕКМ-1У» для поступлення команди від мікропроцесора на аварійну зупинку котла. На пульті керування котлоагрегату в певній послідовності засвітяться світлові індикатори "СТОП" і "АВАРІЯ" з появою звукового сигналу.

У газопаливному блоці в розроблюваній системі автоматичного керування, завдяки електрично – електронним пристроям і при розробленні програмного забезпечення на мові Асемблер проводиться контроль за тиском газу, а також зводиться до мінімуму його значення при надходженні його у пальник під час пуску котла.

Дані характеристики пальника газо паливного блоку «ЛН-1» приведені в Таблиці 2.8.

Мінімальна витрата газу також здійснюється при дотриманні відповідно заданих технологічних параметрах режиму роботи котла. Головні технічні дані котла "Факел – Г" приведені в Таблиці 2.9.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики газо паливного блоку Л1-Н

Тип	Л1-Н
Площа поверхні нагріву котла, м <sup>2</sup> :	
екрани	35,5
конвективна	54,8
Теплова потужність Гкал/г	0,97
Тиск газу, МПа	10
Розрахунковий розхід газу, м <sup>3</sup> /год	107
Розхід повітря, м <sup>3</sup> /год	1200

Таблиця 2.9 – Технічні дані котла "Факел – Г"

Назва	Показники
Кількість секцій, шт	20
Аеродинамічний опір, Па	300
Гідравлічний опір, кПа	30
Поверхня нагріву, м <sup>2</sup>	36
Тиск газу перед котлом, Па	1000
Об'єм води в котлі, м <sup>3</sup>	0,6
Розхід води, тонн/год	25...45
Тип газопаливного блоку	Л1-Н
Тип автоматики котла	КСУМ 1
Габарити котла, мм	
Довжина	3460
Ширина	1100
Висота	2200
Вага котла, кг	10260
Умовна поверхня нагріву, УКМ	150

Під час поступлення електричних сигналів від вимірювальних пристроїв в мікропроцесор, який виконує функції розподілення команд в певній послідовності за допомогою програмуючого таймера, з якого через паралельний порт вони поступають на включення відповідних виконавчих механізмів.

При виникненні аварійних ситуацій, з мікропроцесора миттєво надходить команда через блок герконових реле на відключення котла. Отже, проєктовану автоматичну систему в галузі керування і контролю можна віднести до ряду універсальних.

### **2.3 Техніко-економічне обґрунтування розроблюваної автоматичної системи регулювання**

Одним із основних напрямків розвитку сучасного виробництва є всебічна його автоматизація. В даному випадку розглядається автоматизація системи керування і контролю водогрійного котла "Факел – Г".

Із впровадженням керуючого блоку КСУМ-1, який замінив БУРС, з використанням блоків формування команд і програмуючого таймера виникла можливість контролювати послідовне включення виконавчих механізмів. Також, регулятор «Pг5» дав змогу швидкому спрацюванню виконавчому механізму.

В проєктованій автоматичній системі регулювання є можливість збору інформації від відповідних манометрів у мікросхемі пам'яті К573РФ5 по шині даних і процесу обробки її в мікропроцесорі «КР580ВК28». Мікропроцесор замінюючи певні блоки в автоматичній системі керування КСУМ-1 і регулятор «Pг5» дав змогу вести: більш швидкий контроль а також керування за процесом роботи виконавчих механізмів під час роботи водогрійного котла.

Використання в розроблюваній автоматичній системі регулювання ПЕОМ дозволяє швидко і точно порівнювати отримані дані з мікропроцесора і

практично миттєво визначати принцип роботи певних виконавчих механізмів. Порівняння техніко-економічних показників проектової і базової систем регулювання проведено в Таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Порівняння техніко-економічних показників систем регулювання

Показники	Одиниці вимірювання	Значення	
		Базовий варіант	Проектний варіант
Діапазон зміни зони нечутливості	%	0,5...5	0...80
Діапазон зміни коефіцієнта пропорційності		0,5...20	0...50
Діапазон зміни часу іздрому	с	5...500	0...1050
Діапазон зміни поступального часу демпфування		0...10	0...20
Діапазон зміни тривалості вихідних імпульсів	с	0,1...1	0...15
Зона коректора, % від номінального вхідного сигналу	%	±100	±100
Діапазон зміни сигналу внутрішнього оперативного за датчика регулятора Pг5 в МП від номінального значення вихідного сигналу поступаючого від перетворювача типу МП	%	±20	±100

При виникненні аварійної ситуації, при загасанні полум'я в пальнику, він автоматично, за допомогою блочно – сигналізаційної системи швидко відключає котел від роботи. При швидкому закриванні клапаном газопроводу, досягається економія газу і відповідно матеріальних коштів.



Переналагодження режимів роботи автоматичної системи регулювання здійснюється без залучення додаткових пристроїв, шляхом внесення коректив в керуючу програму, розроблену на мові Асемблер.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Аналіз вихідних даних на завдання для проектування виробничої системи

Результатом проектування є вдосконалення системи автоматичного регулювання водогрійного котла, який працює на газоподібному паливі, на базі мікропроцесорного комплекту серії K580.

Система керування представляє собою систему, яка забезпечує автоматичне розпалювання газопаливного блоку Л1-Н, позиційне регулювання потужності і захист котла при наступних аварійних ситуаціях:

1. Підвищення температури води на виході із котла до значення, встановленого на перетворювачі Ш78, у відповідності з опалювальним графіком.
2. Пониження розрідження в топці нижче 0,005-0,01 кПа.
3. Пониження тиску газоподібного стану (газоповітряної суміші) перед топкою нижче 0,5 – 0,8 кПа.
4. Пониження тиску води на виході із котла до значення, встановленого на манометрі ЕКМ-1У.
5. Пониження тиску газу перед газопаливним блоком нижче 1000 Па.
6. Підвищення тиску води до значення, встановленого на манометрі ЕКМ-1У.
7. Загасання полум'я газопаливного блоку.
8. Зниження напруги в зонах автоматики.

Необхідно спроектувати мікропроцесорну систему, яка б постійно вела контроль за ходом роботи водогрійного автоматизованого котла "Факел – Г", і в разі відхилення від заданих параметрів видавати керуючі сигнали на виконавчі пристрої в певному порядку у відповідності до алгоритму пуску і зупинки котла. Повторного автоматичного запуску котла при виникненні

аварійної ситуації не відбувається. Повторний запуск, після виявлення і усунення причин аварії, проводиться обслуговуючим персоналом.

Розробка технології автоматизованої системи відбувається наступним чином:

1. Поступлення електричних сигналів, при включенні котла в роботу, від датчиків певних пристроїв по шині даних на мікропроцесор КР580-серії, через паралельний порт вводу-виводу.
2. Контроль за електричними сигналами, які поступають від перетворювачів, що знаходяться в газопаливному блоці Л1-Н, в мікропроцесорі.
3. Обмін інформацією між мікропроцесором і оперативним запам'ятовуючим пристроєм пам'яті при прийнятті поточних значень вимірювальних пристроїв.

Сприймання інформації від дискретних і аналогових датчиків і поступлення її з мікропроцесора на запис в ОЗП.

Процес обробки і синтезування інформації у відповідності до програми керування для регулюючої дії її на об'єкті.

4. Надходження імпульсних сигнальних команд від оперативного запам'ятовуючого пристрою в мікропроцесор, для подальшого подання їх з нього на програмуєчий таймер, з якого вони в певному часовому інтервалі через паралельний порт вводу – виводу поступають на спрацювання того чи іншого відповідних виконавчих механізмів.
5. При виникненні пропуску газу в газопроводі, при його пошкодженні перед виконавчим механізмом, різко зменшиться значення його тиску і від пристрою МП перетворювача поступить електричний сигнал на мікропроцесор, який подасть команду в блочно – аварійну систему, яка входить в блок герконових реле БГР на відключення автоматичної системи керування водогрійним котлом від роботи і

включення світлового індикатора (світлодіода) на пульті керування "АВАРІЯ".

6. Виникнення різкого зниження тиску газу супроводжуватиметься при поломках двох клапанів, які б могли знаходитися в призакрытому положенні, і при цьому, якщо погасне полум'я в пальнику, фоторезистор подасть електричний імпульс в МП на надходження від нього команди в блочно-аварійну систему на вимкнення котла і відповідно спрацювання світлового індикатора "АВАРІЯ".
7. Після усунення можливих виникаючих поломок в обладнанні котлоагрегата, проходить його пуск.

Також розроблювана в даній дипломній роботі автоматична система керування і контролю повинна забезпечувати наступні вимоги:

- сумування сигналів від певної кількості датчиків відповідних пристроїв;
- зберігання записаної інформації програми керування автоматичної системи даного водогрійного котла "Факел – Г", в постійно запам'ятовуючий пристрій пам'яті;
- формування умови стійкості по вибраному критерію;
- ручне управління виконавчими пристроями.

### **3.2 Характеристика і призначення функцій роботи мікропроцесора «KP580BK28» в розроблюваній автоматичній системі контролю**

Мікропроцесор «KP580BK28» являється програмною універсальною ВІС, яка виконує функції центрального процесора ЕОМ. Мікропроцесор може зчитувати інформацію із зовнішніх пристроїв, мікросхем пам'яті і проводити над нею арифметичні і логічні операції, аналізувати результати обчислень. Записувати дані в пам'ять, функціонувати при цьому під керуванням команд із деякої фіксованої множини.

Дана мікросхема являє собою одно кристальний 8-розрядний мікропроцесор з фіксованою системою команд. Містить 16-ти розрядну тристабільну шину адреси, 8-розрядну двонаправлену тристабільну шину даних і 4 вхідних та 6 вихідних керуючих виводів, має дворазову синхронізацію, внутрішній регістровий запам'ятовуючий пристрій. «Графічне зображення мікросхеми» «КР580ВК28» приведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Графічне зображення мікропроцесора «КР580ВК28»

Для побудови модуля центрального процесора потрібний зовнішній блок синхронізації і засоби інтерфейсу системної шини. Блок синхронізації процесора реалізується на мікросхемі системного генератора «КР580ГФ24». Формувач шини даних, регістр стану і формувач керуючих сигналів реалізований на мікросхемі системного контролера «КР580ВК28».

Структурна схема центрального процесора з системним контролером «KP580BK28» приведена на рисунку 3.2.

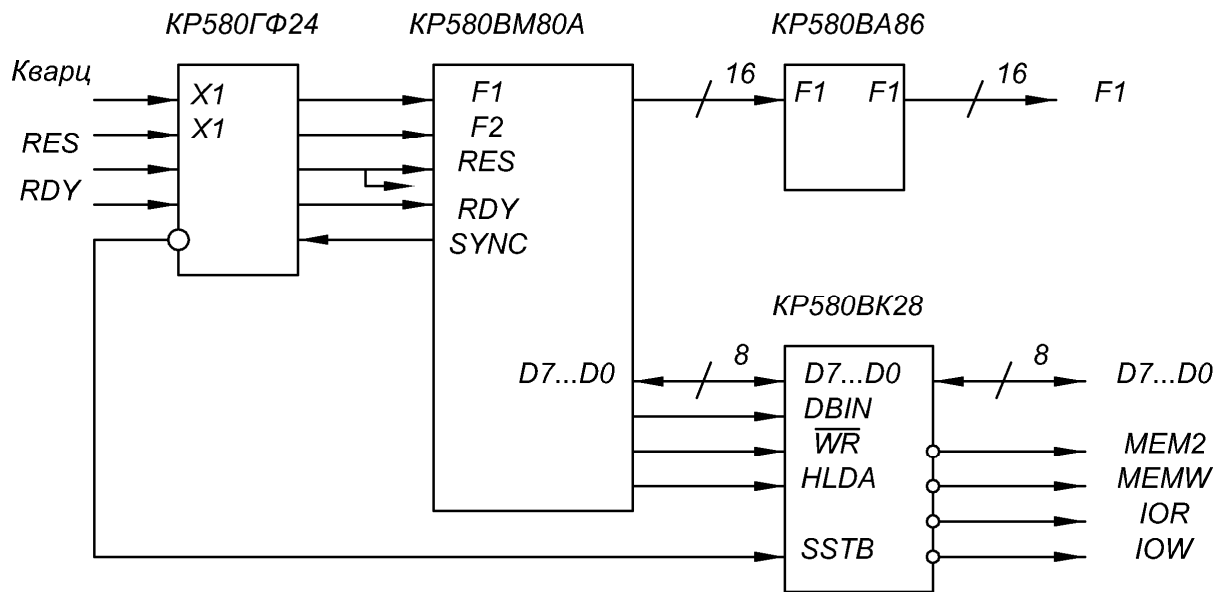


Рисунок 3.2 - Структурна схема центрального процесора з системним контролером «KP580BK28»

Струм навантаження адресної шини 1,9 мА розрахований на підключення однієї мікросхеми. Враховуючи те, що адресна шина в основному подається тільки на мікросхему пам'яті і тільки на два молодші розряди A0, A1, подаються на інтерфейсні мікросхеми, шинний формувач можна організувати лише на одній мікросхемі KP580BA86.

Зв'язок між пристроями системи здійснюється по шинах адреса і даних (ША і ШД). Всі керуючі сигнали системи об'єднані в шину керування (ШК.). Модуль центрального процесора проводить необхідні дії по програмі, керує передачею даних в систему і видачею даних з неї, виробляє необхідний набір керуючих сигналів для всіх пристроїв системи.

### **3.3 Обґрунтування необхідності проектування та проведення аналізу функціональної схеми водогрійного котла при підборі нестандартного обладнання**

В ході роботи автоматичної системи керування виникає необхідність постійного обміну інформацією між ПЕОМ і мікропроцесором «КР580ВК28». Для функціонування математичних залежностей заданих співвідношень між регулюючими технологічними параметрами. Використовується ПЕОМ. Технологічні параметри заносяться в пам'ять КР573РФ5 даного розроблюваного блоку ЕОМ.

Обмін інформацією відбувається за допомогою програмованого паралельного інтерфейсу (ППІ). Обмін може відбуватися між центральним обчислюючим пристроєм і периферією. Вибрана мікросхема – «КР580ВВ55». Обмін відбувається як байтами, так і півбайтами інформації.

При аналізі функціональної схеми відбувається налагодження центрального порта програмним шляхом під дією керуючого слова, яке заноситься командою OUT із акумулятора мікропроцесора в регістр керованого слова (РКС). Структура керуючого слова приведена на рисунку 3.3.

Група А може налагоджуватися на один із трьох режимів:

- 0 – основний режим вводу/виводу (однонаправлений синхронний обмін по перериванню);
- 1 – режим строб вводу/виводу (однонаправлений асинхронний обмін по перериванню);
- 2 – режим двонаправленої шини.

Група В може налагоджуватися в режим 0 або 1. Аналіз функціональної схеми показує, що необхідно ввести інформацію про стан 8 датчиків, вивести на табло інформацію системи (10 ліній) і вивести команди Z1...Z12. Крім того, входними сигналами є сигнал з кнопок "ПУСК" і "СТОП", а також сигнал "ТАКТ", який сигналізує про завершення відліку часових затримок  $t^i$ , який поступає з програмуючого таймера.

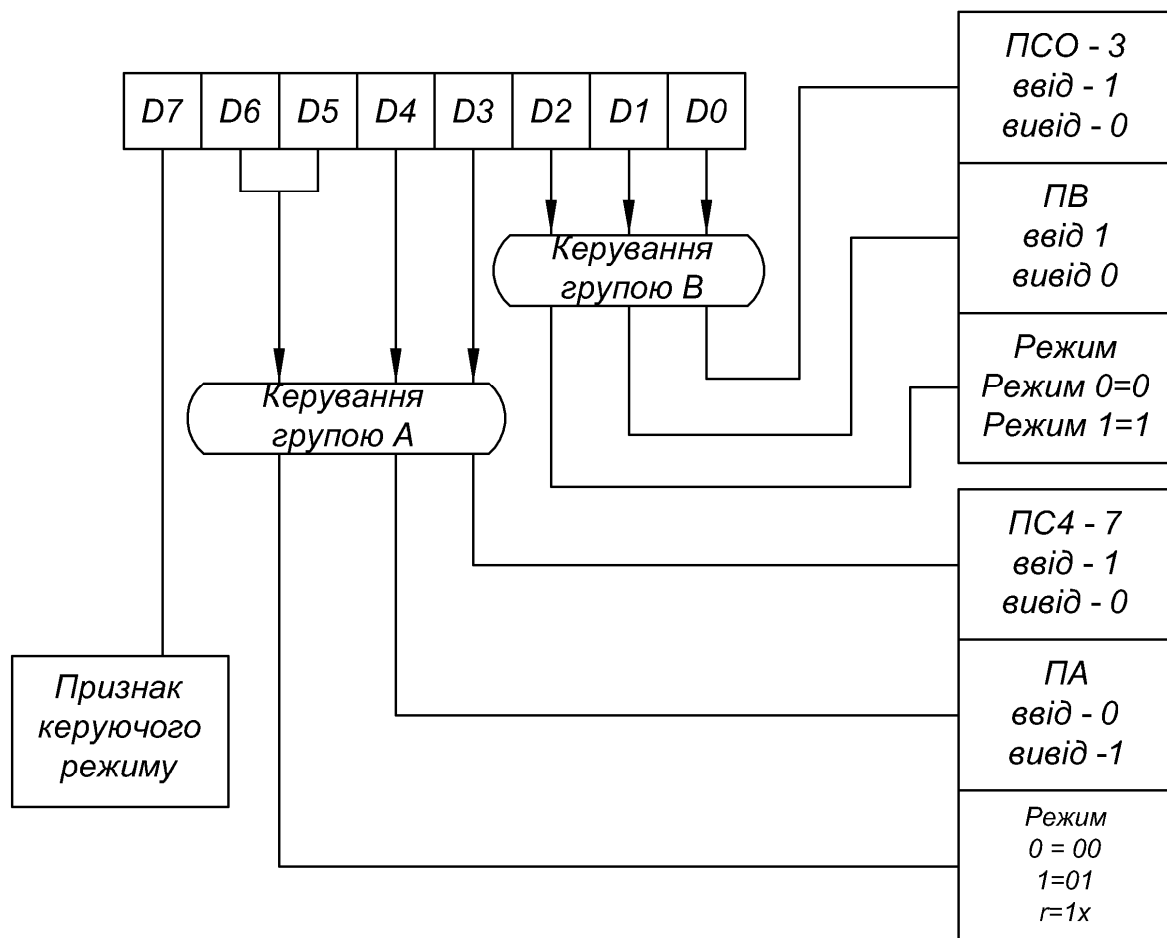


Рисунок 3.3 – Структура керуючого слова

### 3.4 Призначення і принцип роботи мікросхем, які входять до складу автоматичної системи керування

В склад автоматичної системи керування входять наступні мікросхеми: тактовий генератор «КР580ГФ24», контролер «КР580ВК28», мікропроцесор «КР580ВК28», оперативний запам'ятовуючий пристрій «К537РУ9», постійний запам'ятовуючий пристрій «К573РФ2», програмний таймер «КР580ВІ53», паралельний порт «КР580ВВ55».



Мікропроцесорна інтегральна мікросхема КР580ГФ24 використовується як генератор тактових синхросерій  $F_1$  і  $F_2$  для мікропроцесора. В кінці першого такту кожного машинного циклу генератор виділяє на вхід  $\overline{SSTB}$  системного контролера стробуючий імпульс від'ємної полярності.

По цьому імпульсу проходить фіксація слова стану мікропроцесора в регістрі стану системного контролера і на відповідному керуючому виході ( $\overline{MEMR}$ ,  $\overline{MEMW}$ ,  $I/O\overline{W}$ ,  $\overline{I/O\overline{R}}$ ) з'явиться сигнал, призначений для керування пам'яттю або зовнішніми пристроями. Умовне графічне позначення мікросхеми КР580ГФ24 приведено на рисунку 3.4.

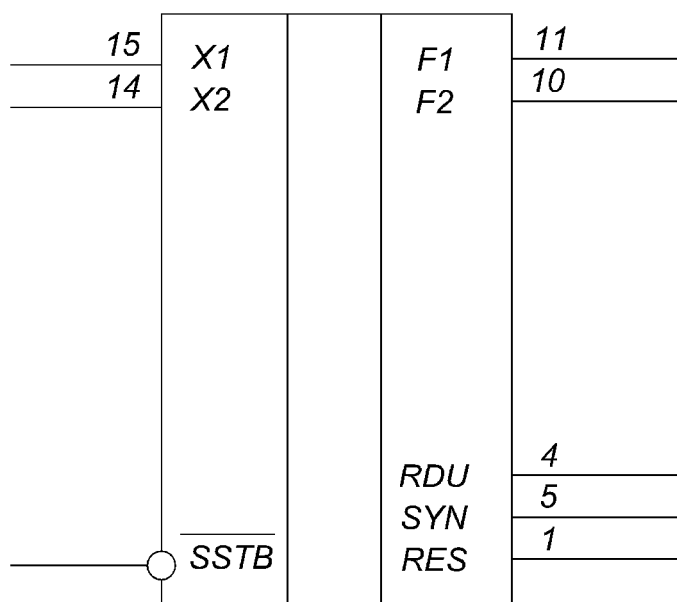


Рисунок 3.4 – «Графічне зображення мікросхеми» «КР580ГФ24»

Системний контролер КР580ВК28 призначений для фіксації слова стану мікропроцесора, формування сигналів керуючих пам'яттю і зовнішніми пристроями та буферизації шини даних. Схема функціонального блоку системного контролера приведена на рисунку 3.5.

В даній функціональній схемі вхід  $\overline{BUSEN}$  застосується для управління виводами  $DB0 - DB7$ , які підключаються до системної шини. При подачі на цей вхід поданий сигналу високого рівня, виводи  $DB0 - DB7$  приймають у

високо імпедансний стан, дозволяючи іншим пристроям створювати обмін через системну шину даних.

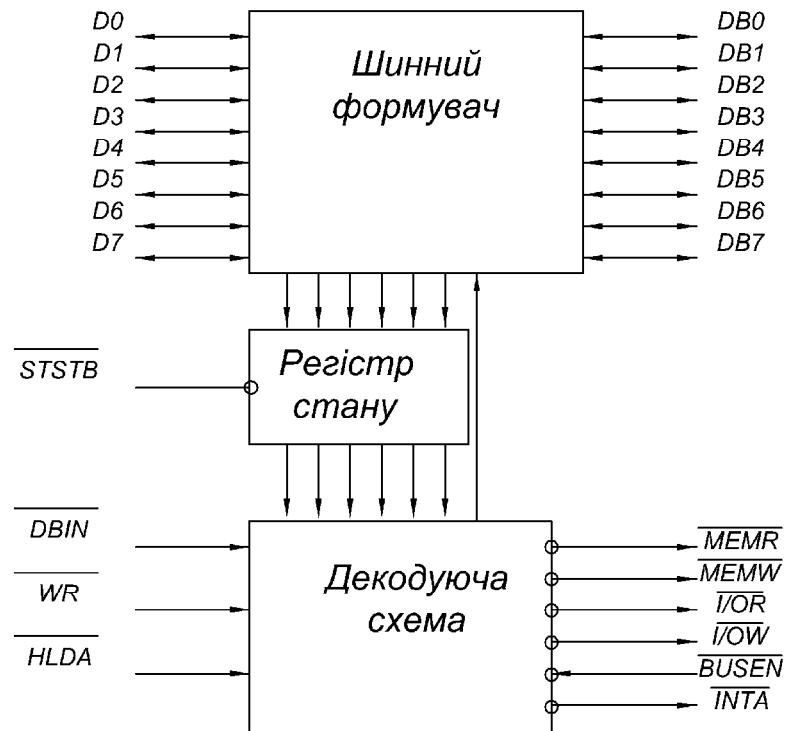


Рисунок 3.5 – Схема функціонального блоку системного контролера

«Графічне зображення мікросхеми» «КР580ВК28» приведено на рисунку 3.6.

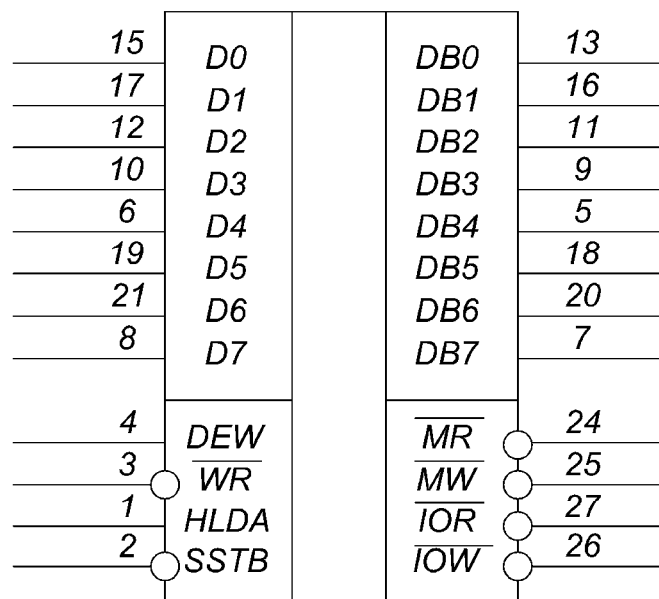


Рисунок 3.6 – «Графічне зображення мікросхеми» «КР580ВК28»

Мікросхема пам'яті КР573РФ5 випускається у вигляді постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП чи ROM), із яких можна тільки зчитати інформацію. Десять ліній адреси забезпечують адресацію:  $2^{10} = 1024 = 1$  кбайт комірок пам'яті, а 8 ліній даних показують, що в кожній комірці пам'яті зберігається 8 біт. Отже, організацію пам'яті такої мікросхеми можна описати як  $1K \times 8$ . Байт зчитується з мікросхеми, коли сигнал  $\overline{CS}$  (вибір кристала) має двійкове значення 0. Риска над буквами  $CS$  означає інверсну логіку, тобто сигнал діє, коли він має значення логічного нуля. ВІС ПЗП об'ємом  $N_i$  і розрядністю  $n_i$  мають адресну шину розрядністю  $m = \log_2 N_i$ , вихідну шину даних розрядністю  $n_i$  і входи вибірки. Призначення виводів і часові діаграми сигналів на них приведені на рисунку 3.7.

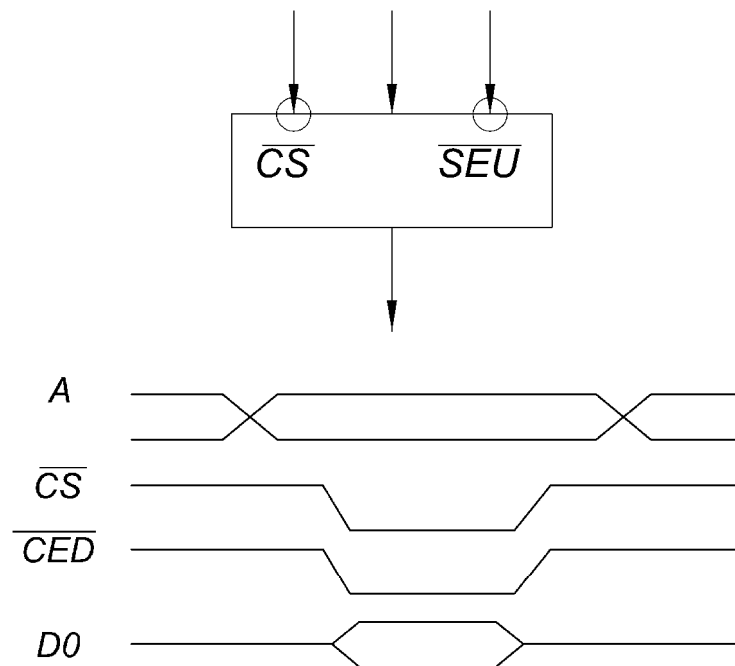


Рисунок 3.7 – Призначення виводів і часові діаграми сигналів

Велика інтегральна схема ПЗП, виконана по схемі з трьома сигналами має вхід дозволу – виходу. Програмована ВІС ПЗП має вхід програмування. Графічне зображення мікросхеми приведено на рисунку 3.8.

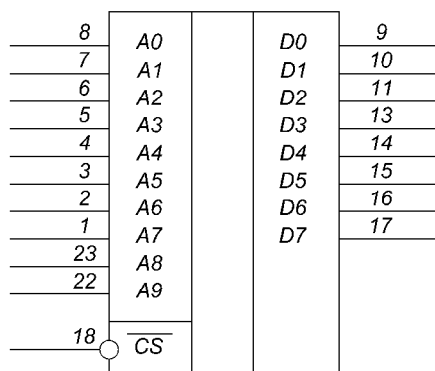


Рисунок 3.8 – «Графічне зображення мікросхеми» K573RF5

Оперативна пам'ять МПС організована на одній мікросхемі типу «K537PY9», яка має однакову типологію з ПЗП «K573RF2». Об'єм пам'яті 2К'8. Крім входів  $\overline{CS}$ ,  $\overline{CEO}$  є ще вхід запису даних  $\overline{WR}$ . Графічне зображення виводів приведені на рисунку 3.9.

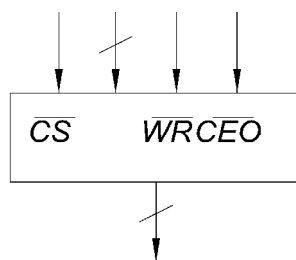


Рисунок 3.9 – Графічне зображення виводів

«Графічне зображення мікросхеми» приведено на рисунку 3.10.

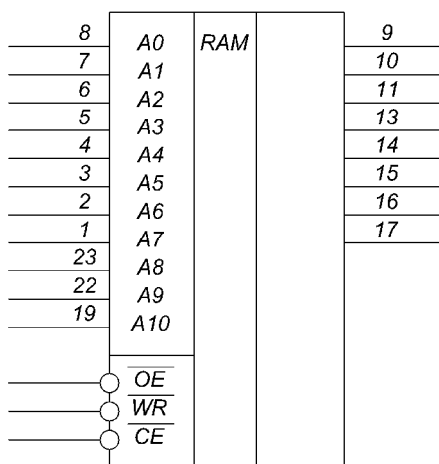


Рисунок 3.10 – «Графічне зображення мікросхеми» «K537PY9»

Мікросхема однокристалного три стабільного програмованого таймера «КР580ВИ53» призначена для отримання програмних затримок у часі і виконання часозадаючих функцій в мікропроцесорній системі. Мікросхема застосовується в системах обробки інформації, виконана на основі мікропроцесора і забезпечує підвищення ефективності програмування процесів керування і синхронізації зовнішніх пристроїв, особливо в реальному масштабі часу.

Графічне умовне позначення мікросхеми приведено на рисунку 3.11.

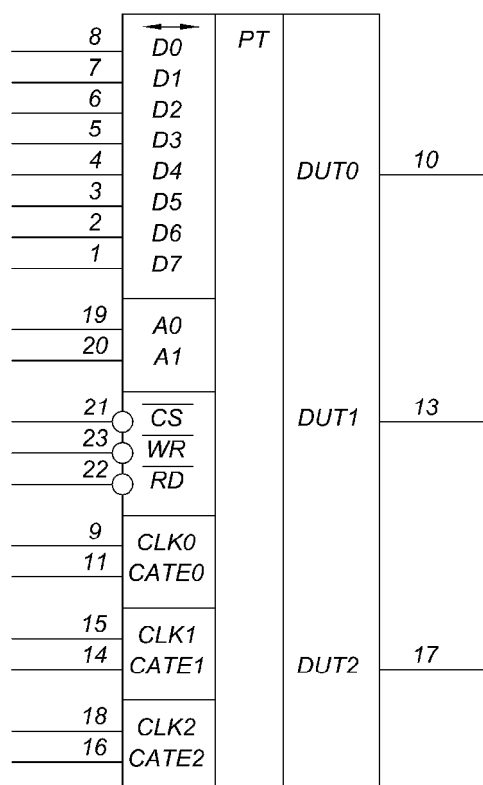


Рисунок 3.11 – «Графічне зображення мікросхеми» «КР580ВИ53»

Таймер складається з буфера шин даних, схема керування вводом – виводом, три канали, кожний з яких містить регістр керуючого слова, схему керування каналом, буфер, шістнадцяти розрядний лічильник працюючий на віднімання. Лічильники програмуючого таймера можуть працювати в діапазоні частот від 0 до 2 МГц в двійковому і двійково-десятковому кодах.

Ініціалізація і керування роботою програмуючого таймера, як і інших інтерфейс них ВІС, відбувається з використанням керуючих слів, що

завантажуються в реєстри режимів роботи. «Формат керуючого слова» приведено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – «Формат керуючого слова»

Мікросхема «KP580BB55» являє собою велику інтегральну схему програмованого паралельного порта і призначена для організації паралельного обміну між центральним пристроєм і периферією.

В паралельний порт входять: схема керування вводом – виводом, двонаправлений буфер даних, три 8-ми розрядні порти (А, В, С). Порт С складається з двох вхідних і двох вихідних 4-розрядних регістрів. Порт А, чотири розряди порта С (старші розряди) і схема керування групою А складає незалежну групу А і може розглядатися як незалежний 12-розрядний порт.

В свою чергу, таку ж групу В складає порт В, чотири молодших розряди порта С і група керування В.

«Графічне зображення мікросхеми» приведено на рисунку 3.13.

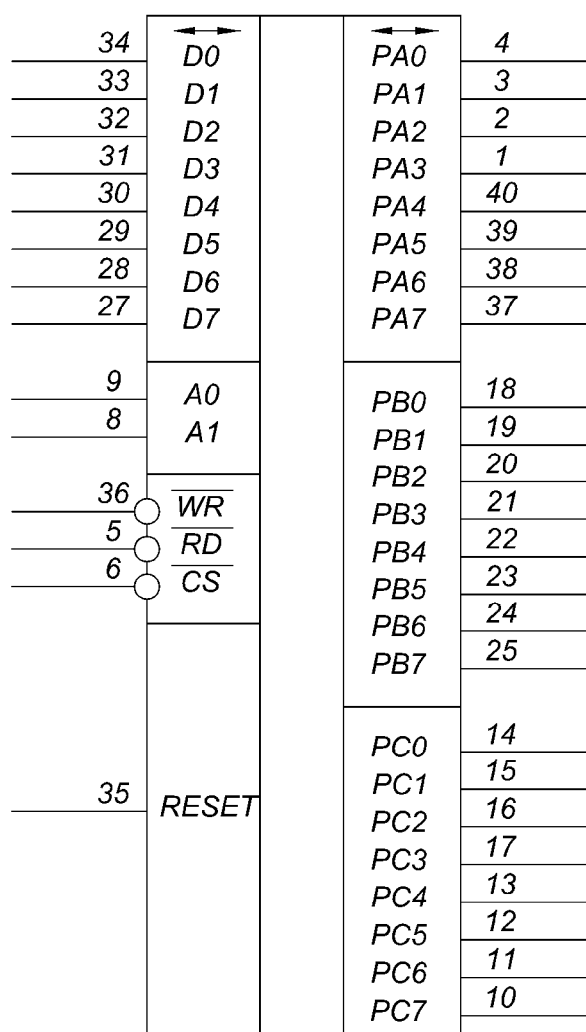


Рисунок 3.13 – «Графічне зображення мікросхеми»

Головні операції паралельного порта приведені в Таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Головні операції паралельного порта

Дія	Сигнали керування					Операції
	$A_1$	$A_0$	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	
Читання	0	0	0	1	0	ПА? WD
	0	1	0	1	0	ПВ? WD
	1	0	0	1	0	ПС? WD
Запис	0	0	1	0	0	WD? ПА
	0	1	1	0	0	WD? ПВ
	1	0	1	0	0	WD? ПС
	1	1	1	0	0	WD? ПКС
Відключення	X	X	X	X	1	

Уніфікована інтерфейсна мікросхема «KP580BB55» загального призначення характеризується універсальністю застосування за рахунок програмування.

Застосування мікросхем серії KP580 в якості елементної бази дозволяє з успіхом вирішити таку важливу задачу, як зменшення вартості розробки апаратури і її серійного виробництва. Це досягається переходом від кропіткого налаштування апаратури на логічних елементах, малої степені інтеграції до її проектування на основі функціонально закінчених великих інтегральних мікросхем.

### 3.5 Розробка вузла вводу аналогових сигналів в мікропроцесорній системі керування котлом

Система вводу аналогових сигналів містить восьми каналний комутатор (МХ), паралельний програмований адаптер (ППА), а також аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Система вводу аналогових сигналів приведена на рисунку 3.14.



Восьми каналний комутатор підключає один з аналогових входів до аналогового входу  $U_{ac}$ , аналогово-цифрового перетворювача. Під'єднаний канал визначається кодом на вході  $2^0 - 2^2$  комутатора і вибирається програмно при допомозі розрядів порту С.

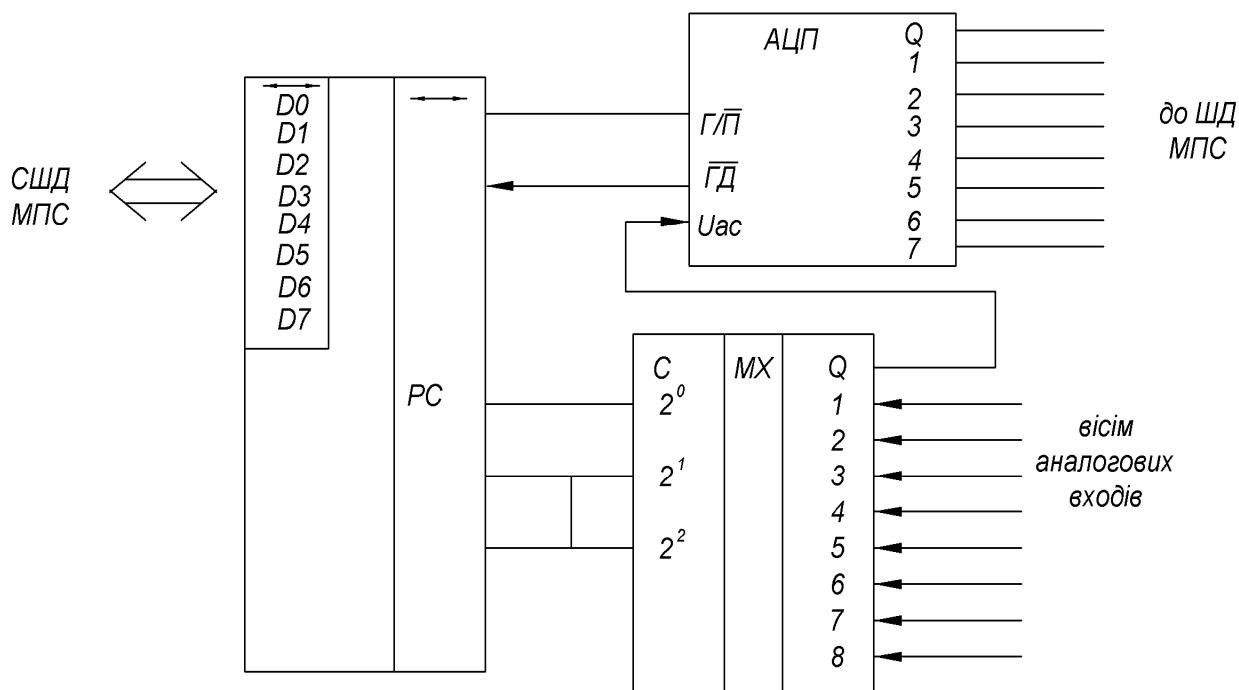


Рисунок 3.14 – Система вводу аналогових сигналів

Сигнал запуску по входу  $\Gamma/\bar{\Pi}$  запускає цикл перетворення ЦАП, по закінченні якого на виході  $Q$  формується код, що відповідає на вході  $U_{ac}$  АЦП, на виході  $\bar{\Gamma}\bar{D}$  АЦП встановлюється низький рівень, який свідчить про готовність даних на виходах АЦП, за якими відбувається ввід даних в мікропроцесорну систему керування і переключення каналу вводу аналогових сигналів.

Часова діаграма роботи АЦП К1113ПВ1 приведена на рисунку 3.15.

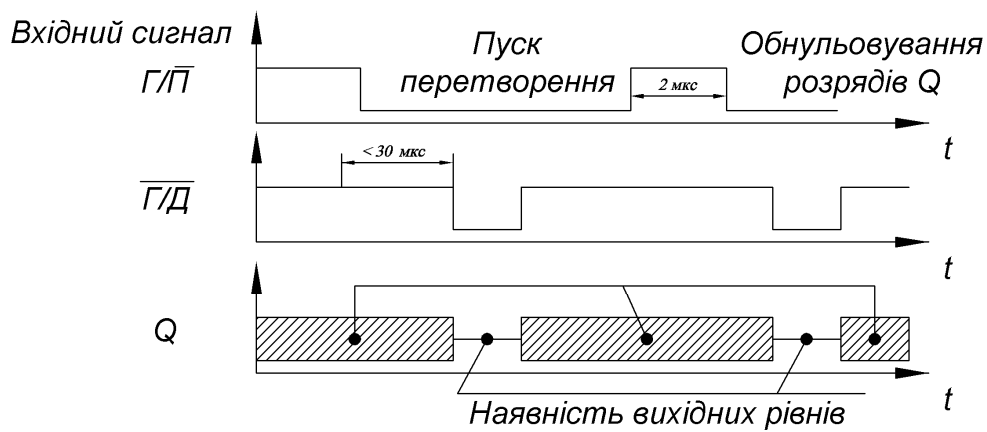


Рисунок 3.15 – Часова діаграма роботи АЦП К1113ПВ1

Функціональна схема та таблиця істинності комутатора КР590КН6 приведені на рисунку 3.16 та таблиці 3.2.

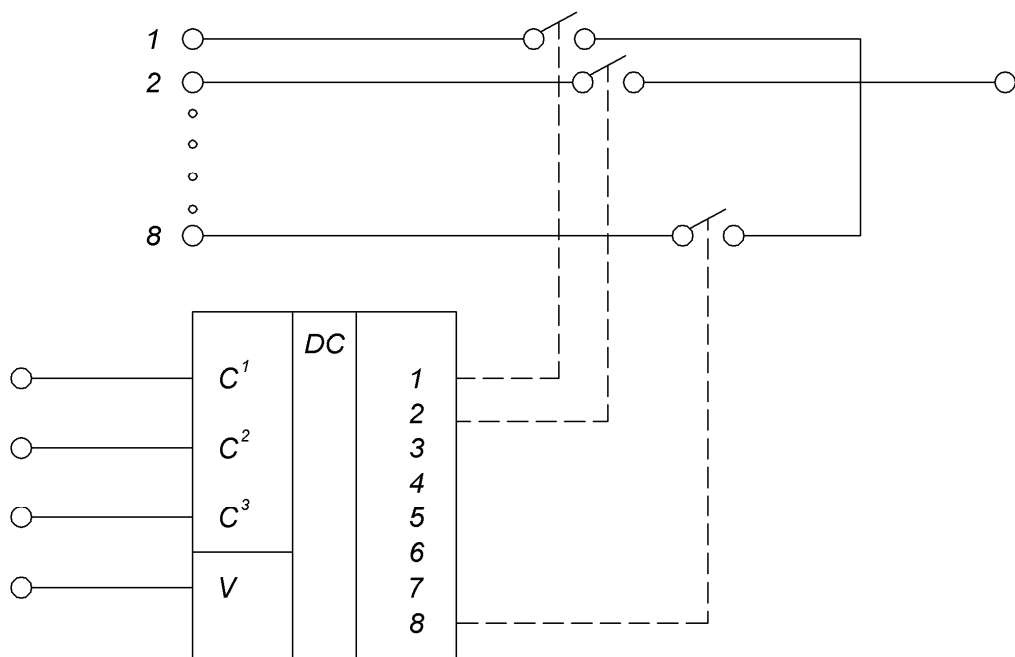


Рисунок 3.16 – Функціональна схема комутатора КР590КН6

Таблиця 3.2 – Таблиця істинності комутатора

Логічні входи			Дозвіл $V$	Відкритий канал
$2^2$	$2^1$	$2^0$		
0	0	0	1	1
0	0	1	1	2
0	1	0	1	3
...	...	...	...	...
1	1	1	1	8
*	*	*	0	Всі закриті

Операції читання та запису інформації в адаптерах (портах вводу – виводу, таймерах) здійснюються спеціальними сигналами  $\overline{IOR}$  та  $\overline{IOW}$ , які формуються системним контролером, що дозволяє розділити поля адресів і пам'яті та вводу – виводу. Розблокування адаптерів (по входу  $\overline{CS}$ ) здійснюється унітарними розрядами адреси:

- паралельний адаптер DD6 – розряд A2;
- паралельний адаптер DD7 – розряд A3.

Аналогові сигнали безпосередньо подаються на входи коммутатора сигналів K590KH6, вихід якого з'єднаний з АЦП K1113PB1. Цифровий еквівалент аналогового сигналу подається безпосередньо на шину даних і поступає в мікропроцесор.

### 3.6 Розробка функціональної схеми мікропроцесорної системи керування

Блок мікропроцесорної системи є серцевиною автоматичної системи керування котлом. Він складається з блоку центрального процесора, блоку постійної та оперативної пам'яті, блоку вводу – виводу, сформованого на базі паралельного порта.

Мікропроцесорна система керування котлом підмінює функції комплексу КСУМ1 і виконує додаткові функції регулювання головних технологічних параметрів котла. Вхідними сигналами мікропроцесорної системи є сформовані блоками вводу сигнали з датчиків дискретної дії та аналогові сигнали параметрів, задіяних в контурі регулювання. Крім того мікропроцесорна система дозволяє реалізувати три канали імпульсного регулювання основних параметрів котла.

Основою мікропроцесорної системи є мікропроцесор «КР580ВК28». робота якого відбувається по програмі, що зберігається в пам'яті ПЗП. Оперативна пам'ять використовується для організації стеку при користуванні підпрограмою, та занесення оперативних даних. Зв'язок мікропроцесорної системи із зовнішніми елементами і блоками здійснюється за допомогою двох паралельних портів «КР580ВВ55»А, один із яких працює в режимі вводу даних, а другий в режимі виводу керуючих сигналів. Для включення, в певному інтервалі часу відповідних виконавчих механізмів використовується програмний таймер «КР580ВІ53».

Перша мікросхема паралельного порта працюватиме тільки на ввід даних (максимальне число – 24 лінії), 10 ліній зайнято системою, ще 14 ліній являються резервними і можуть бути використаними для подальшої модернізації мікропроцесорної системи.

Друга мікросхема працює тільки вивід. Для використання видачі команд керування  $U_1 \dots U_{12}$  застосовані 12 розрядів. По лініях групи А видаються сигнали на світлодіоди (інформаційне табло). Дві лінії на вивід порту С ( $C_6, C_7$ ) використовуються для запуску програмованих таймерів. Формування керуючого слова:

$$\begin{array}{ccccccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Для роботи програмного таймера необхідний генератор синхроімпульсів, якого можна реалізувати на трьох інверторах з частотно

задаючими  $RC$  елементами (DD8). Частота генератора вибирається у відповідності з технологічним процесом роботи котла.

Часові затримки  $t_i$  формує перший програмний таймер. Програма затримки (режим 0). В режимі 0 по закінченні відліку числа, завантаженого в лічильник, на виході встановлюється рівень 1 і зберігається там до нового завантаження. Цей вихідний сигнал використовується для переривання роботи мікропроцесора через визначені і програмно змінні інтервали часу. При подачі сигналу дозволу  $P(GATE)=1$ , лічильник починає роботу.

Програмний одновібратор (режим 1). В цьому режимі на виході лічильника формується сигнал (Вихід 0), тривалістю, яка визначається за допомогою періоду вхідних сигналів, і числа завантаження в лічильник ( $t_{вих} = T_{ex} > N$ ). Кожний сигнал  $P=1$  по попередньому фронту запускає одновібратор спочатку.

Використовуємо лічильник в режимі 0, для формування часових затримок  $t^i$  для системи керування котлом. Його вихід подається на вхід РАХУНОК. Оскільки вихід  $OUT0$  є інверсним до сигналу РАХУНОК, то в мікропроцесорну систему його подано через інвертор. Ще один інвертор включено в виході  $OUT1$ , для формування сигналу ТАКТ.

З моменту запису числа в лічильник, налагоджений в режим 0 до кінця лічби на вході  $OUT0$  тримається рівень «0». Після закінчення лічби рівень сигналу на вході стає високим і зберігається до наступного завантаження лічильника. Лічба можлива тільки при  $GATE=1$ . Таким сигналом дозволу роботи лічильника може бути сигнал з виходу паралельного порта. Якщо робота системи автоматики в нормі, цей сигнал буде мати рівень 1.

Схема вмикання лічильників до програмуючого таймера подана на рисунку 3.17.

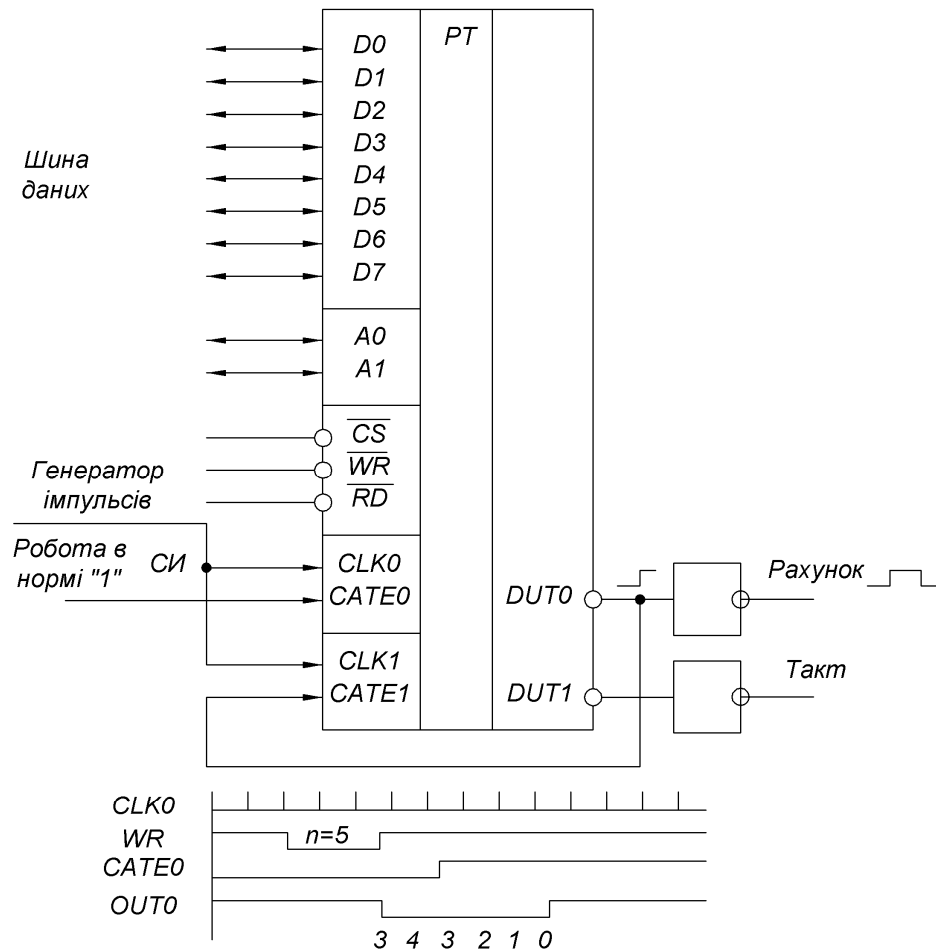
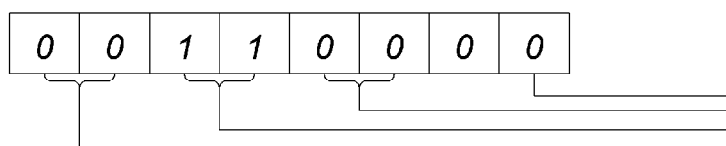


Рисунок 3.17 – Схема з'єднання лічильників з програмуємим таймером

По закінченню відліку часу фронт вихідного сигналу *OUT0* подається на вхід дозволу роботи лічильника  $GATE = 1$ , цим самим запускається робота програмного одновібратора. Вихід цього лічильника *OUT1* подається на вхід порта вводу для зміни команд, а сигнал після інвертора – в схему ТАКТ.

Перед початком роботи на етапі ініціалізації системи необхідно кожний лічильник налаштувати на потрібний режим роботи і завантажити в нього початкові значення: лічильник – в режим 0, лічильник 1 – в режим 1. Таймер програмується керуючим словом, що визначає режим його роботи і словами передумовки, які визначають параметри виконуваної функції:



Отже, для лічильника в режимі 0, керуюче слово є код 30H. Для лічильника в режимі 1, керуюче слово має код 72H і буде таким:

0	1	1	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Завантаження керуючого слова відбувається тоді, коли на входах A0, A1 присутні 11. Для лічильників в режимі 2, який буде працювати в циклі роботи програмованого генератора, для керування в імпульсному режимі виконавчими механізмами типу МЕО, керуюче слово буде таким:

1	0	1	1	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

В другому таймері лічильник використовується для формування пускових імпульсів на виконавчий механізм МЕО в режимі імпульсного керування. Він програмується в режимі 3, де генеруються прямокутні імпульси. Період вихідного сигналу:  $T_{вих} = n \cdot t_0$ . Дозвіл роботи таймера формується через лінію C<sub>6</sub> порта C (мікросхема DD7).

На програмованому таймері зібраний адаптер керування виконавчими механізмами МЕО в імпульсному режимі. Він перетворює код, що надходить шиною даних в період слідування імпульсів, тобто в послідовність імпульсів з періодом, пропорційному коду. Схема такого перетворювача приведена на рисунку 3.18.

Часова діаграма роботи програмуючого таймера приведена на рисунку 3.19.

Даний вузол мікропроцесорної системи містить три незалежні канали. В тривалість імпульсу  $t$  можна перетворити код при допомозі програмованого таймера, задавши її за допомогою керуючого слова в режимі 0. При цьому кожний раз після запису коду в перетворювач, налаштованого в режимі 0. сигнал з виходу OUT0 переходить зі стану високого рівня в низький і знаходиться в ньому на протязі інтервалу часу  $t$ , пропорційному занесенню коду.

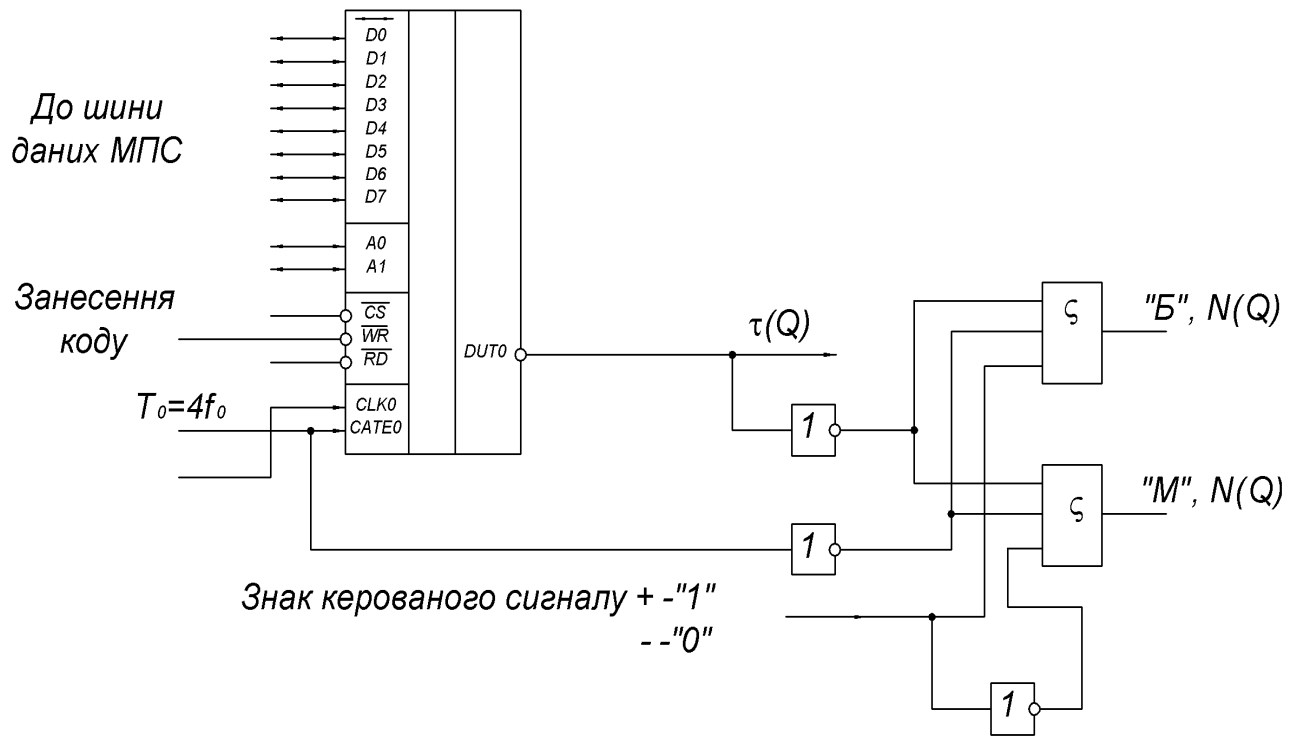


Рисунок 3.18 – Схема адаптера - перетворювача

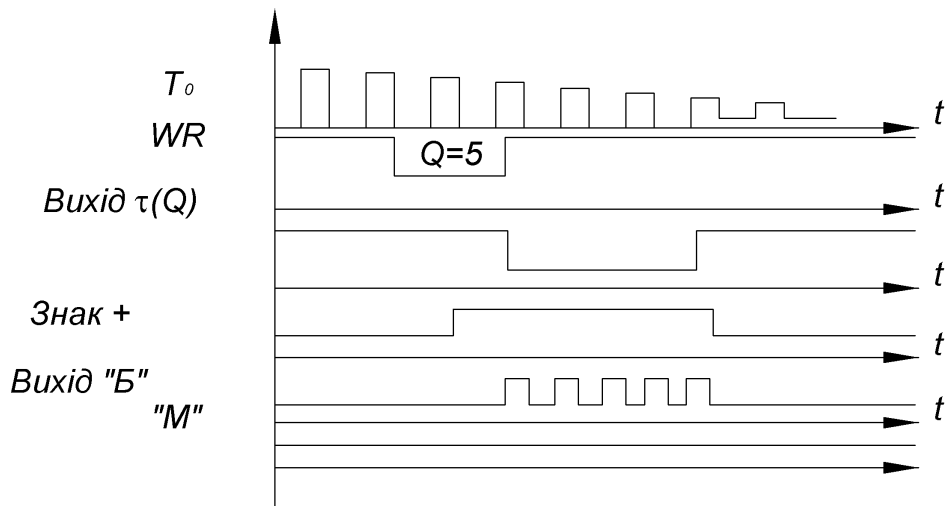


Рисунок 3.19 – Часова діаграма роботи програмуемого таймера

Перетворення коду в кількість імпульсів ( $N$ ) здійснюється при допомозі перетворювача коду в тривалість імпульсу  $t$  шляхом пропускання на вхід через схему «І», яка відкривається на час  $t$ , вхідним імпульсом ( $T_0$ ).



На тривходовий елемент «І» крім виходу *OUT0*, подається тактова частота керування виконавчим механізмом, яка формується на виході *OUT2* першого програмного таймера, а також сигнал пропорційний знаку занесеного коду керуючого сигналу. Якщо керуючий сигнал на виконавчий механізм додатній, на вхід знаку подається «1» і спрацьовує верхній елемент «І» (вихід «Більше»), в іншому випадку нижній елемент (вихід «Менше»). Сигнал знаку для трьох каналів задається через лінії порта С ( $C_5, C_6, C_7$  мікросхеми DD6). Перед початком роботи таймера необхідно записати керуючі слова режиму роботи:

- лічильник 0 –  $00010000_B=10H$
- лічильник 1 –  $01010000_B=50H$
- лічильник 2 –  $10010000_B=90H$

Другий таймер зі схемою узгодження забезпечує імпульсне П-регулювання виконавчими механізмами МЕО, шибера, заслінки та клапанів подачі паливного газу. Синхронізує роботу таймера сигнал *CLK*, який формується з третього лічильника першого таймера. При розблокуванні адаптерів, в програмованих таймерах здійснюються унітарні розряди адреси:

- програмований таймер DD13 – розряд А4;
- програмований таймер DD14 – розряд А5.

При цьому базові фізичні адреси портів та таймерів будуть такими:

- паралельний порт DD6 -	порт А	1111 1000	→F8H
	порт В	1111 1001	→F9H
	порт С	1111 1010	→FAH
	PKC	1111 1011	→FBH
- паралельний порт DD67-	порт А	1111 0100	→F4H
	порт В	1111 0101	→F5H
	порт С	1111 0110	→F6H
	PKC	1111 0111	→F7H
- програмований таймер DD13 -	ліч.0	1110 1100	→ECH
	ліч.1	1110 1101	→EDH

	ліч.2	1110	1110	→EEN
	PKC	1110	1111	→EFH
- програмований таймер DD14 -	ліч.0	1101	1100	→DCH
	ліч.1	1101	1101	→DDH
	ліч.2	1101	1110	→DEN
	PKC	1101	1111	→DFH

Постійна та оперативна пам'ять об'ємами  $2K \cdot 8$  розділені в адресному просторі пам'яті. ПЗП знаходиться в сегменті з адресами 0000H-07FFH, а ПЗП – 0800H-0FFFH. Для звернення до пам'яті формуються спеціальні сигнали  $\overline{MEMR}$  та  $\overline{MEHW}$ , які формуються системним контролером «KP580BK28». Програма функціонування системи керування записана в ПЗП. Ввід та вивід сигналів здійснюється через роз'ємні з'єднання XP2 та XP1.

Загальна функційна схема мікропроцесорної системи приведена на рисунку 3.20.



Рисунок 3.20 – Загальна функційна схема мікропроцесорної системи

Дискретні задавачі інформації вводяться в мікропроцесорний обчислювач через блоки вводу сигналів (БВС) (комплекту автоматики КСУМ 1). Сигнали дискретних задавачів після попередньої обробки в БВС безпосередньо подаються на лінії порту вводу DD6 (порти А і В).

Функціональна електрична схема системи керування котлоагрегатом представлена на рисунку 3.21.

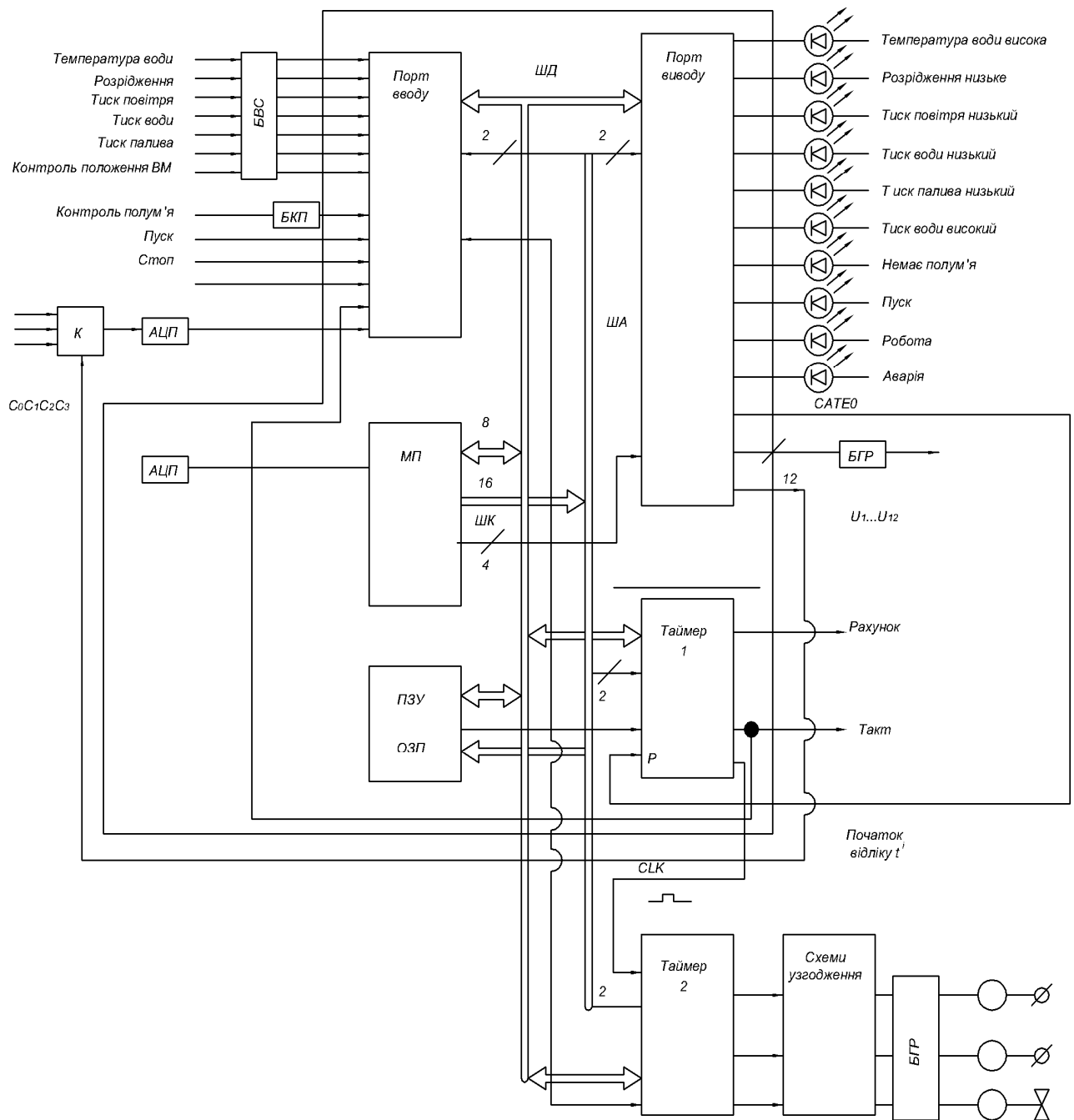


Рисунок 3.21 – Функціональна електрична схема системи керування котлом

Буферизації шини адреси в функціональній мікропроцесорній системі не передбачено, оскільки немає розгалуженої периферії. Дешифратор адреси також не застосовується, оскільки використовується ізолюваний ввід – вивід та дешифрація адаптерів унітарним кодом починається з розряду А2.

Вводяться аналогові сигнали від здавачів тиску, розрідження та температури на комутатор К. Вибір сигналу вводу здійснюється дискретними

сигналами  $C_0, C_1, C_2$ , які формує в функціональній схемі мікропроцесорної системи мікропроцесор через порт виводу. Сигнал з виходу комутатора поступає на АЦП, звідки цифровий еквівалент подається на шину даних в мікропроцесор. Керування роботою АЦП (запуск перетворення і готовності даних) здійснює мікропроцесор через порти вводу – виводу мікропроцесорної системи.

Світлова сигналізація при аварійних ситуаціях в режимі роботи автоматичної системи керування котла реалізується світлодіодними індикаторами, які під'єднані безпосередньо до портів виводу А та С мікросхеми DD7.

Вихідні сигнали керування виконавчими пристроями котла підсилюються електронними ключами з відкритими колекторами, які навантажені на геконові реле блоку БГР, а звідти поступають в кола керування відповідних пристроїв.

## **4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА**

### **Аналіз і синтез системи керування газопаливним блоком**

В загальному випадку система автоматичного керування повинна забезпечувати стаке значення температури води на виході з котла, в залежності від температури навколишнього середовища. Дана система автоматичного керування складається з трьох одноконтурних систем, керованих від мікропроцесора «КР580ВК28».

Також в її склад входить окрема четверта одноконтурна система, керована від регулятора «Рг5». Одноконтурні системи призначені для: подачі тиску газу в пальник і підтримання його на заданому рівні параметру, а також тиску повітря, яке поступає від вентилятора, і розрідження димових газів в топці котла. Остання призначені для регулювання по витраті води.

Температура води в більшій мірі залежить від тиску газу при згорянні його в пальнику, температура в топці набуває певного значення, потрібного для нагрівання води в трубопроводі.

Оскільки тиск газу є важливим параметром для регулювання температури нагріву води і від його стабільності залежить якість роботи котла, то виконуємо розрахунок контуру стабілізації тиску газопаливного блоку, в якому і знаходиться головна кількість датчиків певних пристроїв.

Регулювання клапаном здійснюється за допомогою виконавчого механізму, який відкриває, або закриває його в те положення, відносно якого відбувається процес керування тиску палива – подачі газу в котел. Важливий етап розробки системи автоматичного керування повинен забезпечувати мікропроцесор.

Для того, щоб отримати стабільне регулювання з швидким затуханням збурюючих коливань, при якому відбувається умова стійкості, потрібно визначити степінь коливальності в системі.

Коливальність системи характеризується інтервалом часу, протягом якого буде змінюватися величина його регулювання. Зміна починається від максимального значення регульованої величини  $Dhf_{\max}$ , якій відповідають значення часу, протягом якого проходить перехідний процес.

Також, щоб отримати стабільне регулювання даної розроблюваної системи автоматичного керування, необхідно для мікропроцесора встановити час перехідного процесу.

Часом регулювання перехідним процесом  $t_{\Pi}$  називається час (його інтервал), від моменту прикладання ступінчатої дії до моменту, після якого відхилення керуючої величини  $Dhf(t)$  від нового її встановленого значення  $hf(\infty)$  стають меншими деякого заданого числа  $\epsilon_{f0}$ , до моменту, після якого виконується умова  $((Dhfdt) - hf(\infty)) \leq \epsilon_{f0}$ . Показник характеризує швидкодію системи регулювання.

Для аналізу і розрахунку системи, користуємося алгоритмічною схемою. Алгоритмічна схема одноконтурної системи приведена на рисунку 4.1.

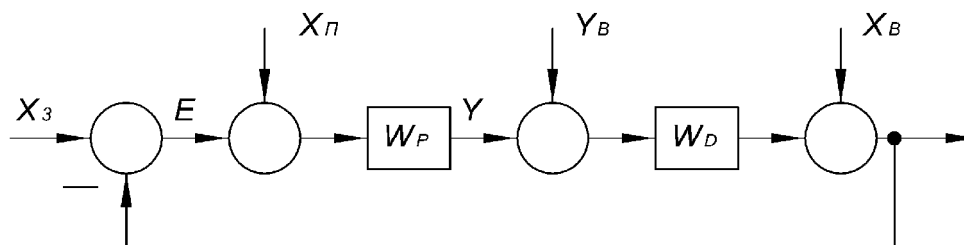


Рисунок 4.1 – Алгоритмічна схема одноконтурної системи

Алгоритмічна структура характеризує алгоритми перетворення інформації в автоматичній системі і являє собою сукупність елементарних ланок і зв'язок між ними. Алгоритми всіх ланок, які входять в систему, в сукупності відповідають алгоритму функціонування системи.

В даній алгоритмічній схемі, в якій датчик відноситься до регулюючого пристрою і умовно прийнято, що у вихідному суматорі зрівнюються безпосередньо фізичні величини  $x_3$  і  $x$ . Сигнал помилки  $e$  має ту ж розмірність, що і величини  $x_3$  і  $x$ , і тому по значенню  $e$  можна прямо визначити про точність системи. Зворотній зв'язок в схемі називається одиничним.

Дані для розрахунків значень зміни тиску газу, який поступає у пальник, приведені в Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Дані для розрахунків значень зміни тиску газу

$P, t$	1,00,	1,003	1,012	1,024	1,052	1,100	1,120	1,142	1,180	1,192	1,200
$t, c$	0	25	40	60	100	160	200	250	400	500	1000

По формулі розрахунку перехідної функції  $P(t)$  по даному значенні подачі газу, його тиску по вимірюваному параметрі в 1000 Па, який поступає в пальник, по даних значеннях його зміни, взятих з Таблиці, по характеристиці котла, знаходимо криву розгону графіка перехідної функції  $Wp(p)$  по формулі:

$$P(t) = \frac{P_T - P_0}{P_{уст} - P_0},$$

де  $P_T$  - поточне значення визначення тиску газу підведеного до пальника водогрійного котла;

$P_0$  - початкове значення визначення тиску газу до початку експерименту;

$P_{уст}$  - кінцеве значення визначення тиску газу після проведення експерименту.

Результати обчислень для побудови кривої розгону графіка перехідної функції приведені в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати обчислень для побудови кривої розгону графіка перехідної функції

$P, t$	0	0,005	0,05	0,11	0,25	0,50	0,61	0,70	0,89	0,95	1
$t, c$	0	25	40	60	100	160	200	250	400	500	1000

При побудові графіка перехідної функції  $Wp(p)$ ,  $P(t_1)$  - постійна визначена величина буде рівною:  $h(t_1)=0,632$ . Після побудови графіка по розрахунках функції  $P(t)$  і по даних з таблиці приводимо до кривої дотичну. Побудову кривої розгону перехідної функції  $Wp(p)$ , повинно задовольняти додатну апроксимацію. Важливо, щоб в об'єкті число неоднакових ланок було не менше трьох, а їх постійні часу небагато відрізнялося один від одного. Тоді крива перехідного процесу зберігає  $S$  - подібну форму.

Побудову графіка кривої розгону перехідної функції  $Wp(p)$ , приведена на рисунку 4.2.

Знаходимо по графіку дотичної, значення функції  $h(t_2)$ , яка буде рівною  $h(t_2)=1$ . Визначаємо по графіку постійну величину часу, яка буде рівною  $T = 320$  с. При значенні функції  $h(t_1)$ , величина часу:  $T = 200$  с.

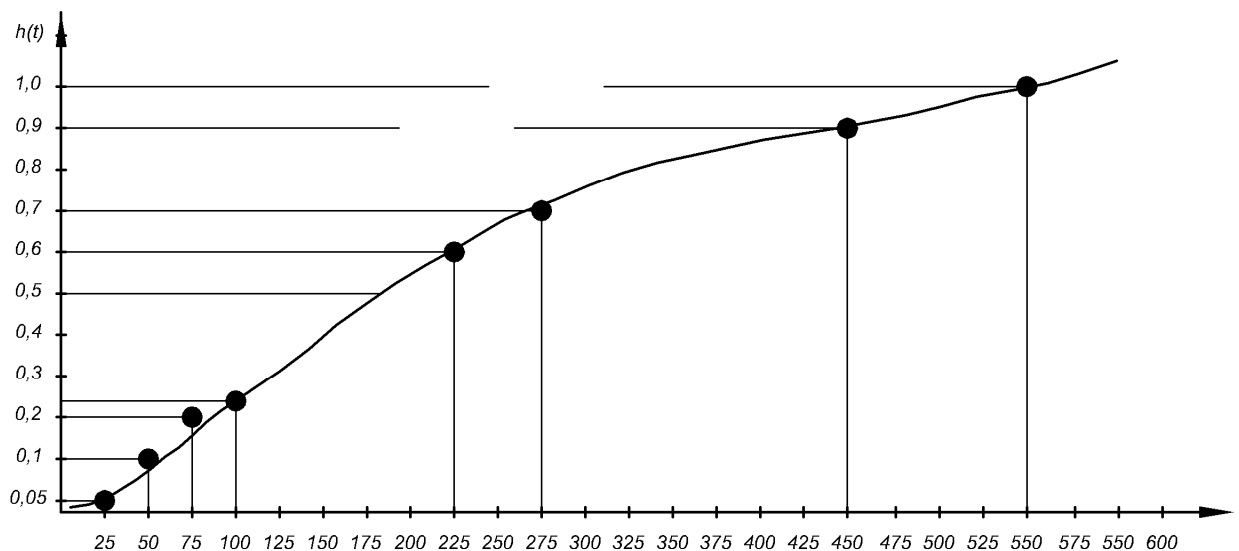


Рисунок 4.2 – Графік кривої розгону перехідної функції  $Wp(p)$



Визначаємо  $x_{BX}$  - відносне переміщення регулюючого елемента по формулі:

$$x_{BX} = \frac{x_{BX}^T - x_{BX}(0)}{x_{BX.\max} - x_{BX}(0)} = \frac{Dx_{3AD}}{Dx_{\max}}, \quad (4.1)$$

де  $x_{BX}^T$  - поточне значення положення регулюючого елемента;

$x_{BX.\max}$  - максимальне значення положення регулюючого елемента;

$x_{BX}(0)$  - початкове значення положення регулюючого елемента;

$Dx_{3AD}$  - відхилення положення регулюючого елемента від заданого значення,  $Dx_{3AD} = 0,05$ ;

$Dx_{\max}$  - максимальний діапазон ходу регулюючого елемента,  $Dx_{\max} = 0,2$ .

$$x_{BX} = \frac{0,05}{0,2} = 0,25.$$

Коефіцієнт  $K_p$  передаточної функції  $Wp(p)$  визначається по формулі:

$$K_p = \frac{1}{x_{BX}}, \quad (4.2)$$

$$K_p = \frac{1}{0,25} = 4.$$

Визначення передаточної функції  $Wp(p)$ , проводиться по формулі:

$$Wp(p) = \frac{K_p}{T_p p + 1}, \quad (4.3)$$

де  $T_p$  - постійна величина часу регулюючого пристрою,  $T_p = 320$  с.

$$Wp(p) = \frac{4}{320P + 1}.$$

Розраховуємо параметри налаштування регулюючого пристрою для об'єктів першого порядку з розрахунком перехідного запізнення. Знаходжу по графіку перехідного  $t_a$  і чистого  $t_0$  значень перехідних запізнень по кривій розгону передаточної функції  $Wp(p)$ :  $t_a = 52$  с;  $t_0 = 20$  с. Загальне запізнення  $t$  по графіку кривої передаточної функції  $Wp(p)$ , визначається по формулі:

$$t = t_a + t_0, \quad (4.4)$$

де  $t_a$  - значення перехідного запізнення,  $t_a = 52$  с;

$t_0$  - значення чистого запізнення,  $t_0 = 20$  с.

$$t = 52 = 72 + 20 \text{ с.}$$

Визначаємо по графіку значення коефіцієнта передачі об'єкту як різницю встановлених нового і початкового значень перехідної функції  $P(t)$ , по формулі:

$$k_{об} = P(\infty) - P(0), \quad (4.5)$$

де  $P(\infty)$  - нове значення перехідно функції  $P(t)$ ;

$P(0)$  - початкове значення перехідно функції  $P(t)$ .

$$k_{об} = 1 - 0,632 = 0,37.$$

Відносне запізнення об'єкту регулювання визначається по формулі:

$$0,2 < \frac{t}{T} < 1,5, \quad (4.6)$$

$$0,2 < 0,22 < 1,5.$$

Розрахунок параметрів налаштування регулюючого пристрою проводимо по формулі:

$$K_p = \frac{\frac{t}{T} + 0,6}{2,6 \times k_{об} \frac{t}{T} - 0,08 \frac{t}{T}}, \quad (4.7)$$

$$T_i = \frac{0,8 \times T}{t}, \quad (4.8)$$

$$K_p = \frac{\frac{74}{320} + 0,6}{2,6 \times 0,37 \frac{74}{320} - 0,08 \frac{74}{320}} = 5,7.$$

$$T_i = \frac{0,8 \times 320}{72} = 3,5.$$

Передаточна функція системи по заданій дії має вигляд:

$$W_{3C}^o = \frac{X(P)}{X_3(P)} = \frac{W_p(P) \times W_0(P)}{1 + W_p(P) \times W_0(P)}. \quad (4.9)$$

Регулюючий елемент з  $W_0(P)$  - передаточної функції його значень відхилень, відноситься на перетворення схеми до об'єкту:

$$W_0(P) = \frac{K_p}{T_p + 1}. \quad (4.10)$$

Передаточна функція  $W_p(P)$  - регулюючого пристрою визначається по формулі:

$$W_p(P) = K_p + \frac{K_p}{T_i P}. \quad (4.11)$$

Передаточна функція системи по збурюючій дії має вигляд:

$$W_{3c}^Z(P) = \frac{W_0(P)}{1 + W_p(P) \times W_0(P)}. \quad (4.12)$$

Приведемо розрахунок передаточної функції  $W_{3c}^o$  по заданій дії за формулою:

$$W_{3c}^o(P) = \frac{K \times K_p \times T_i P + K_p}{T \times T_i \times P^2 + (K \times K_p \times T_i + T_i) \times P + K_p}, \quad (4.13)$$

$$W_{3c}^o(P) = \frac{4 \times 5,9 \times 3,5P + 5,9}{(1120P^2 + 86,1P + 5,7) \times P} = \frac{82,6 + 5,7}{(1120P^2 + 86,1P + 5,7) \times P}.$$

Приведемо розрахунок передаточної функції  $W_{3c}^Z(P)$  по збурюючій дії за формулою:

$$W_{3c}^Z(P) = \frac{K \times T_i P}{T \times T_i \times P^2 + (K \times K_p \times T_i + T_i) \times P + K_p}, \quad (4.14)$$

$$W_{3c}^Z(P) = \frac{4 \times 5,9 \times 3,5P + 5,9}{320 \times 3,5 \times P^2 + (4 \times 5,9 \times 3,5 + 3,5) \times P + 5,9} = \frac{14P}{1120P^2 + 86,1P + 5,7}.$$

Побудова графіків перехідних процесів, для передаточних функцій по заданій  $W_{3c}^o(P)$  і по збурюючій  $W_{3c}^Z(P)$  діях здійснено на ПЕОМ за допомогою математичної системи MathCAD і приведено в Додатку А.

MathCAD – математично орієнтована універсальна система. Крім обчислень вона дозволяє розв'язувати задачі, які важко віддаються розв'язку в інших системах.

Важливою рисою MathCAD є робота з документами. Документи об'єднують опис автоматичного алгоритму розв'язку задачі з текстовими коментарями і результати обчислень, заданих у формі символів, чисел, таблиць та графіків. Дозволяє MathCAD опис математичних алгоритмів у природній математичній формі з використанням загальноприйнятої символіки для математичних знаків. Таким чином більшість задач вимагає лише коректного формувального запису і не вимагає підготовки програм в загальноприйнятому виді. Мовою реалізації системи є мова Сі++. Робота в системі носить характер візуального та об'єктивно-орієнтованого програмування.

Система MathCAD інтегрує три редактори: формульний, текстовий та графічний. Для підготовки обчислювальних блоків використовуються шаблони різних математичних символів на набірній панелі. Приклади створення математичних блоків при допомозі шаблонів:

$$\int_0^1 \sqrt{1+x^2} dx = ; \quad \sum_{i=1}^5 \sin(i) = ; \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x} = .$$

Текстовий редактор дозволяє задавати текстові коментарі, які роблять документ з формулами та графіками зрозумілішим. Робота з системою MathCAD зводиться до підготовки у вікні редагування завдання на обчислення і до установки форматів для їх результатів.

Для передаточної функції  $W_{3c}^o(P)$ , графік перехідного процесу аперіодичний. Для передаточної функції  $W_{3c}^z(P)$ , графік перехідного процесу – коливальний. По двох графіках передаточних процесів, передаточних функцій видно, що в результаті того, або іншого збурення і відхилення регулюючої величини, проходить процес затухання коливань, повернення її до заданого значення. При цьому система автоматичного керування повертається в початковий стан рівноваги і вона буде стійкою.

Стійкість автоматичної системи – це властивість системи повертатися в попередній стан рівноваги після припинення збурення, яке вивело систему із

цього стану. Визначення стійкості системи автоматичного регулювання проводимо по критерію Михайлова. Формулювання цього критерію полягає в тому, що автоматична система регулювання, яка описується рівняннями передаточної функції  $n$ -го порядку, буде стійкою, якщо при зміні  $w$ -коефіцієнта змінних значень характеристичного полінома від 0 до  $\infty$ , характеристичний вектор системи  $F(jw)$  повернеться на кут  $n\pi/2$ , не повертаючись при цьому в нуль. Це значить, що характеристична крива стійкості системи повинна при зміні  $w$  від 0 до  $\infty$ , пройти послідовно через  $n$  квадрантів. Побудова графіку на стійкість автоматичної системи керування здійснена на ЕОМ, за допомогою математичної системи MathCAD і приведена в Додатку А.

Графік побудовано по змінних значеннях коефіцієнтів характеристичного полінома деякої передаточної функції  $W_{\text{ЗС}}^{\circ}(P)$ , які характеризують початкове положення, стан рівноваги системи автоматичного керування. Характеристична крива на графіку має плавну спіралеподібну форму, яка прямує в безкінечність в тому квадранті, номер якого рівний порядку рівняння передаточної функції  $W_{\text{ЗС}}^{\circ}(P)$ . Звідси, по характеристичній кривій графіку видно, що система автоматичного керування буде стійкою.

Важливою характеристикою системи автоматичного керування являється її динамічна точність, яка визначається помилками, що виникають в системі від дії збурюючих дій. Розрахована автоматична система керування відноситься до астатичних. Регулюючо – керуючим пристроєм в автоматичній системі є мікропроцесор. Такі системи характеризуються динамічною точністю, що також оцінює величину сигналу помилки в установленому динамічному режимі.

Рівняння динаміки системи відносно сигналу помилки має вигляд, представлений по формулі:

$$e(p) = e_o(p) + e_z(p) = d(p) \times \Phi_o^e(p) + Z(p) \times \Phi_z^e(p) \quad (4.15)$$

де  $e_o(p), e_z(p)$  - складові сигналу помилки, викликані зміною відповідно задаючого та збурюючого чинника;

$\Phi_o^e(p) = \frac{1}{1 + Wp(P) \times W_o(P)}$  - «передавальна функція системи по задаючому впливу за помилкою»;

$\Phi_z^e(p) = \frac{-W_o(P)}{1 + Wp(P) \times W_o(P)}$  - «передавальна функція системи по збурюючому впливу за помилкою».

Найчастіше оцінюють точність системи за заданою складовою. В загальному випадку задаюча складова  $e_o(t)$  може бути визначена по формулі:

$$e_o(t) = C_0 \delta(t) + C_1 \frac{d\delta(t)}{dt} + \frac{1}{2} C_2 \frac{d^2\delta(t)}{dt^2}, \quad (4.16)$$

де  $C_0, C_1, C_2$  - коефіцієнти помилок.

Коефіцієнти помилок  $C_0, C_1, C_2$  за функцією розкладу  $\Phi_z^e(p)$  в ряд Тейлора визначають по формулах:

$$C_0 = [\Phi_o^e(p)]_p = 0, \quad (4.17)$$

$$C_1 = \frac{\hat{e}}{e} \frac{\dot{\Phi}_o^e(p)}{dp} \Big|_{\dot{u}_p} = 0, \quad (4.18)$$

$$C_2 = \frac{\hat{e}}{e} \frac{\dot{\Phi}_o^e(p)}{dp^2} \Big|_{\dot{u}_p} = 0. \quad (4.19)$$

Для даного випадку передавальна функція системи по задаючому впливу за помилкою  $\Phi_z^e(p)$ , визначатиметься по формулі:

$$\Phi_{\delta}^e(p) = \frac{1}{1 + Wp(P) \times W_0(P)}, \quad (4.20)$$

$$\Phi_{\delta}^e(p) = \frac{1120p^2 + 3,5p}{1120p^2 + 83,3p + 22,8}. \quad (4.21)$$

Звідси  $C_0 = 0$ , а коефіцієнт помилки  $C_1$  визначатиметься по формулі:

$$C_1 = \frac{\hat{e} \partial \Phi_{\delta}^e(p) \dot{u}}{\hat{e} \frac{d}{dp} \dot{u}}, \quad (4.22)$$

$$\begin{aligned} C_1 &= \left[ (1120p + 3,5)(1120p^2 + 83,3p + 22,8) - (1120p + 83,3)(1120p^2 + 3,5p) \right]_{p=0} = \\ &= \frac{3,5 \times 22,8}{22,8^2} = \frac{3,5}{22,8} \end{aligned}$$

Якщо завдання змінюється за законом  $\partial(t) = t$ , то  $\frac{d_{\delta}(t)}{dt_{e_{\delta}(t)}} = 1$ , а інші похідні рівні нулю. Звідси, динамічна точність  $e_{\delta}(t)$  визначатиметься по формулі:

$$\begin{aligned} e_{\delta}(t) &= C_0 \partial(t) + C_1 \frac{d\partial(e)}{ve} = C_1 = e_{\delta}(\text{¥}), \quad (4.23) \\ e_{\delta}(t) &= 0,154. \end{aligned}$$

Таким чином статична похибка в системі відсутня, а динамічна точність є постійною і рівна усталеній.

Проводимо розрахунок усталених значень складової помилки  $e_z(\text{¥})$ . Для цього необхідно представити передавальні функції об'єкта і регулюючого пристрою трохи в іншому вигляді, які визначатимуться по формулах:

$$W_0(p) = \frac{K_{\phi} \times W_0^*(p)}{P^{n_0}}, \quad (4.24)$$



$$W_p(p) = \frac{K\phi \times W_p^*(p)}{p^{n_p}}, \quad (4.25)$$

де  $n_0, n_p$  - показники порядку астетизму об'єкта регулюючого пристрою,

$$n_0 = 0; n_p = 1;$$

$K\phi, K\phi$  - нормуючі передавальні коефіцієнти,  $K\phi = K_0, K\phi = \frac{K_p}{T_i}$ .

Звідси передавальні функції об'єкта та регулюючого пристрою визначатимуться по формулах:

$$W_0(p) = \frac{K\phi}{p^{n_0}} \times \frac{1}{T_0 p + 1}, \quad (4.26)$$

$$W_p(p) = \frac{K_p}{T_i \times p}, \quad (4.27)$$

Тоді, складова помилки  $e_z^\delta(\%)$  при задаючій дії  $\delta(t) = t \times(t)$  буде рівною і визначатиметься по формулі:

$$e_z^\delta(\%) = \frac{1}{K\phi} = \frac{T_i}{K_p}, \quad (4.28)$$

$$e_z^\delta(\%) = 0,61$$

При збурюючій дії  $\delta_z^\delta(t) = 1(t)$ , складова помилки буде рівною:  $e_z^\delta(\%) = 0$ .

Отже, при оцінці значень складових помилок можна зробити висновок, що система автоматичного керування буде динамічною, точною.

Також, важливою характеристикою для автоматичної системи керування, є оцінка її чутливості. Чутливістю є властивість системи змінювати свої вихідні координати і показники якості при відхиленні того чи іншого її параметра від заданого або розрахункового значення.

Найчастіше чутливість оцінюють її відносною функцією по формулі [4, с.221].

$$S_{K_i}^{\Phi}(p) = \frac{\partial \Phi(p, K_i)}{\partial K_i} \bigg|_{K_i=K_{i0}} \cdot \frac{K_{i0}}{\Phi(p, K_{i0})}, \quad (4.29)$$

де  $\Phi(p, K_i)$  - передавальна функція замкненої системи;

$K_{i0}$  - розрахункове значення параметра  $K_i$ ;

$K_i$  - параметр відносно якого оцінюється чутливість автоматичної системи керування.

Передавальна функція замкненої автоматичної системи керування по задаючому впливу визначається по формулі:

$$\Phi_o(p) = \frac{W_p(p) \cdot W_o(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_o(p)}, \quad (4.28)$$

де  $W_p(p)$  і  $W_o(p)$  - відповідно передавальні функції регулятора та об'єкта регулювання.

В нашому випадку передавальні функції об'єкта та регулюючого пристрою визначаються по формулах:

$$W_o(p) = \frac{K_0}{T_0 p + 1}, \quad (4.29)$$

$$W_p(p) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i p} \right). \quad (4.29)$$

Таким чином можна оцінити чутливість системи за коефіцієнтами  $K_0, T_0$  - об'єкта керування та  $K_p, T_i$  - параметрами регулюючого пристрою.

Оцінюємо вплив нестабільності передавального коефіцієнта об'єкта  $K_0$  на передавальну функцію замкненої системи  $\Phi_o(p)$ , по формулі [4, с.221]:

$$\begin{aligned}
S_{K_0}^{\Phi}(P) &= \frac{\frac{\partial W(P)}{\partial K_0} \times W_P(P)}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)]^2} \times \frac{K_0(1 + W_P(P) \times W_0(P))}{W_0(P) \times W_P(P)} = \\
&= \frac{1}{T_0 p + 1} \times W_P(P) \times \frac{K_0}{W_0(P) \times W_P(P)} = \frac{1}{1 + W_P(P) \times W_0(P)};
\end{aligned} \tag{4.31}$$

Відносна функція чутливості за постійною сталою об'єкта  $T_0$  буде визначатися по формулі:

$$\begin{aligned}
S_{T_0}^{\Phi}(P) &= \frac{\frac{\partial W_0(P)}{\partial T_0} \times W_P(P)}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)]^2} \times \frac{T_0(1 + W_P(P) \times W_0(P))}{W_0(P) \times W_P(P)} = \\
&= \frac{K_0 \times P}{(T_0 \times p + 1)^2} = \frac{T_0 \times P}{(T_0 \times p + 1)} = - \frac{T_0 \times p}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)] \times (T_0 \times p + 1)};
\end{aligned} \tag{4.32}$$

Аналогічно знаходимо відносну функцію чутливості за параметрами налаштування регулюючого пристрою  $K_0$  та  $T_i$  по формулах:

$$\begin{aligned}
S_{K_P}^{\Phi}(P) &= \frac{\frac{\partial W_0(P)}{\partial K_P} \times W_P(P)}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)]^2} \times \frac{K_P(1 + W_P(P) \times W_0(P))}{W_0(P) \times W_P(P)} = \frac{1}{1 + W_P(P) \times W_0(P)}; \\
S_{T_i}^{\Phi}(P) &= \frac{\frac{\partial W_0(P)}{\partial T_i} \times W_P(P)}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)]^2} \times \frac{T_i(1 + W_P(P) \times W_0(P))}{W_0(P) \times W_P(P)} = \\
&= - \frac{K_P \times T_i \times P}{(T_i \times p)^2} \times \frac{1}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)] \times W_P(P)} = - \frac{1}{[1 + W_P(P) \times W_0(P)] \times (T_i \times p + 1)};
\end{aligned} \tag{4.33}$$

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$S_{K_0}^{\phi}(P) = S_{K_p}^{\phi}(P) = \frac{(1120p + 3,5) \cdot p}{1120p^2 + 83,3p + 22,8};$$

$$S_{T_0}^{\phi}(P) = \frac{(1120p + 3,5) \cdot p^2 \cdot 320}{(1120p^2 + 83,3p + 22,8)(320p + 1)};$$

$$S_{T_i}^{\phi}(P) = \frac{(1120p + 3,5) \cdot p}{(1120p^2 + 83,3p + 22,8)(3,5p + 1)}.$$

Значення відносної функції чутливості, визначеної за коефіцієнтами об'єкта керування та параметрами регулюючого пристрою, будуть малими і відповідно доповнюючи відхилення вихідної координати зменшиться і якість системи автоматичного керування покращиться.

Якість автоматичної системи керування визначається сукупністю властивостей, які забезпечують ефективне функціонування як самого об'єкту керування, так і керуючого пристрою, всієї системи керування в цілому. Властивості, що складають цю сукупність і мають кількісні значення, називаються показниками якості системи керування.

Перехідний процес автоматичної системи керування, характеризується за критеріями показників якості, головними із яких являються: степінь коливальності системи -  $\gamma$ , перерегулювання -  $G$ , час регулювання  $t_p$ . Якість процесу регулювання оцінюють по перехідній характеристиці  $h_f(t)$  по відношенню до одиничної ступінчастої дії збурення.

Розрахунок показників якості приводимо в дипломній роботі за допомогою «графіка перехідного процесу передаточної функції» по збурюючій дії  $W_{3.C}^Z(P)$ , який приведено на рисунку 4.3.

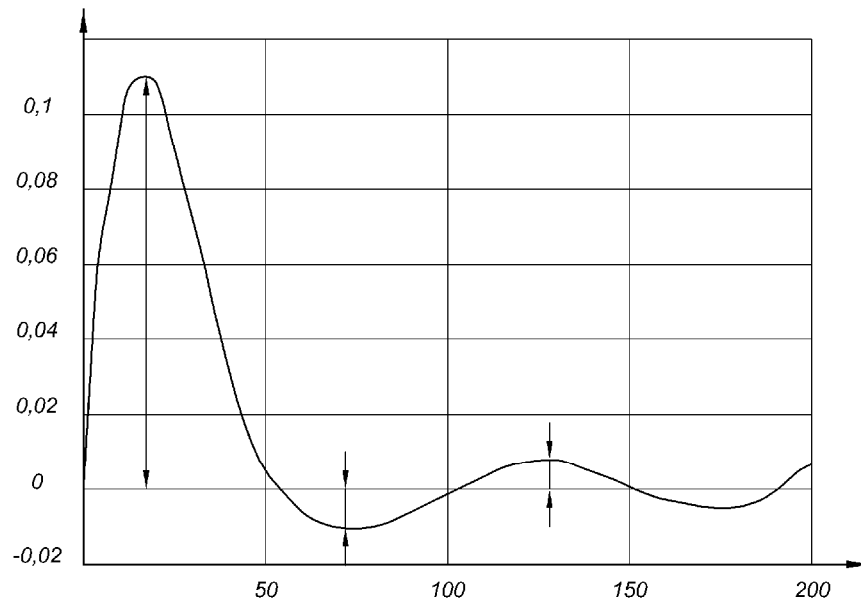


Рисунок 4.3 – «Графіка перехідного процесу передаточної функції»  
по збурюючій дії  $W_{3.C.}^Z(P)$

Степінь коливальності, залежить від максимального значення відхилення регулюючої величини, яке виникає під дією збурення, і мінімальним її значенням – після проходження певного проміжку часу, коли коливання затухають і автоматична система керування повертається в стан рівноваги. Степінь коливальності системи, її затухання визначається по формулі [4, с. 196]:

$$y = \frac{Dhf_{\max} - Dhf_1}{Dhf_{\max}}, \quad (4.34)$$

де  $Dhf_{\max}$  - максимальне значення відхилення регулюючої величини, яке виникає під дією збурення на систему;

$Dhf_1$  - мінімальне значення регулюючої величини, при затуханні коливань, які виникають під дією збурення на дану систему.

Максимальне і мінімальне значення регулюючої величини визначаємо із «графіка перехідного процесу передаточної функції»  $W_{3.C.}^Z(P)$ , по яких і проводимо розрахунок степеня коливальності системи:

$$y = \frac{0,087 - 0,002}{0,087} = 0,07.$$

Тривалість динамічних відхилень регулюючої величини  $X(t)$  від її нового встановленого значення  $X(\infty)$  прийнято оцінювати з допомогою деяких характерних моментів часу.

Самим важливим із цієї групи показників являється час перехідного процесу. Для часу  $t_p$ , має виконуватись умова  $|X(t) - X(\infty)| \leq e_{f_0}$ . На практиці величину  $e_{f_0}$  приймають рівною 5% від встановленого значення  $X(\infty)$  [ $e_{f_0} = 0,05 \cdot X(\infty)$ ].

При оцінюванні часу перехідних процесів, викликаних одиницею збурюючої дії  $Y_B$  на вході об'єкта, величину  $e_{f_0}$  можна прийняти рівною 5% від значення передавального коефіцієнта об'єкту  $k_0$  [ $d_{II} = 0,05k_0$ ]. Для процесів викликаних дією  $X_B$  на вході об'єкту – 5% від початкового відхилення  $X(+0)$  [ $e_{f_0} = 0,05 \cdot X(+0)$ ].

Найбільше відхилення, що утворюється від збурення на вході об'єкта, є показником якості процесу. При постановка технічних вимог до системи допустиме значення максимального відхилення (безпосередньо в одиницях вимірювання керуючої величини). Час регулювання перехідного процесу знаходимо по графіку перехідного процесу по заданій дії  $W_{3.C.}^Z(P)$ , який буде рівний  $t_p = 100$  с.

Перерегулюванням  $G_f$  називається максимальне відхилення  $Dhf_{\max}$  регулюючої величини, яке виникло під дією збурення на систему, від встановленого значення  $Dhf_0$ , яке визначається у відсотках.

Із одного графіку перехідного процесу передаточної функції по збудуючій дії  $W_{3.C.}^Z(P)$ , перегулювання визначається як відношення другого максимального відхилення  $A_2$  до першого максимального відхилення  $A_1$  і визначається по формулі [4, с. 198]:

$$G_f = \frac{A_2}{hf_{\max} - hf(\%) } \times 100 = \frac{A_2}{A_1} \times 100, \quad (4.35)$$

$$G_f = \frac{0,011}{0,087} \times 100 = 12,6\% .$$

Визначений показник по даній формулі для перехідного процесу по каналу збурення, також характеризує коливальність системи автоматичного керування.

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розробка алгоритму роботи для проектованої автоматичної системи керування

Мікропроцесорна система автоматизованого керування виконує ті ж самі функції, що і комплект КСУМ 1. Її основні функції описані у відповідності.

Вхідними сигналами блоку вводу сигналів (БВС) є: логічні – стан зовнішніх контактів (логічне «0» -; логічна «1» -), аналогові (0...5 мА) – здавачі тиску, розрідження, температури. Вихідні сигнали блоку – логічні, поступають в блок формування команд БФК, а потім на блок герконових реле БГР, де відбувається комутація зовнішніх пристроїв. Мікропроцесорна система забезпечує виконання наступних функцій:

1. Зупинка котла при виникненні аварійної ситуації і запам'ятовування першопричини зупинки.
2. Автоматичний пуск і зупинка котла.
3. Автоматичне регулювання розрідження в топці котла.
4. Світлова і звукова сигналізація.
5. Автоматичне регулювання подачі води і тиску паливного газу.

Стан котла і відповідність параметрів, закладених технологічним процесом, відтворюється відповідними пристроями. При замкненому стані зовнішніх контактів пристроїв в мікропроцесорну систему поступає сигнал логічної «1», при розімкненому – логічний «0». В системі використовуються:

Дифманометр мембранний ДМ-3583М.

1. Манометр – перетворювач типу МП.
2. Сигналізаційний показуючий електроконтактний манометр «ЕКМ-1У».
3. Пристрій терморегулюючий електричний ТУДЕ – 2.



4. Платиновий термоперетворювач опору типу ТСП-0879-01.
5. Перетворювач типу Ш78.
6. Сигналізаційний світлодіод АЛ107-А.
7. Фоторезистор ФСА-Г2 для контролю полум'я в пальнику.

Включення в роботу каналів захисту, ламп сигналізації, видача інформаційних сигналів на верхній рівень ієрархії керування відбувається в суворій послідовності. В даній дипломній роботі застосовуємо світлодіоди типу АЛ107-А, які призначені для світлової сигналізації при несправності одного з манометрів, або пристрою, який входить в комплект обладнання водогрійного котла. Також застосовуємо для контролю полум'я в пальнику газопаливного блоку Л1-Н котла фоторезистор ФСА-Г2.

Світлодіод – спеціально сконструйований напівпровідниковий пристрій, створюючий некогерентне оптичне випромінювання визначеного спектрального складу при проходженні через нього прямого струму. Конструктивна схема світлодіода АЛ107А приведена на рисунку 5.1.

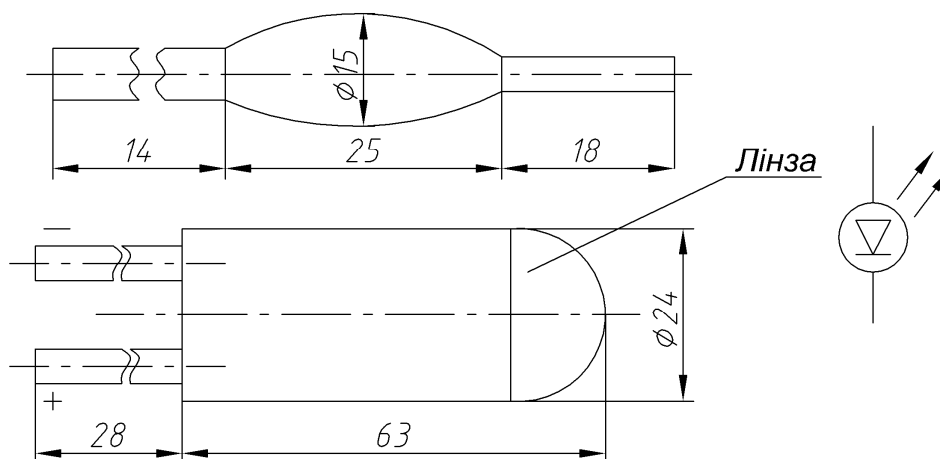


Рисунок 5.1 – Конструктивна схема світлодіода АЛ107А

Конструкцією світлодіода передбачена можливість виводу світлового випромінювання із місця переходу крізь прозоре скло в корпусі. В залежності від вибраного матеріалу і ширини забороненої зони напівпровідника випромінювання може лежати в інфрачервоній, видимій або ультрафіолетовій

смугах спектру. Світлодіоди використовуються як світлові індикатори, джерела випромінювання в оптоелектронних парах в даній автоматичній системі керування. Головні технічні параметри світлодіоду приведені в Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Головні технічні параметри світлодіоду

Тип діода	Яскравість, кд/м <sup>2</sup>	Максимально допустима пряма напруга, В	Максимально допустимий прямий струм, мА	Максимально допустима постійна зворотна напруга, В	Потужність випромінювання, мВт	Колір світла	Інтервал робочих температур, °С		Конструкція
							від	до	
АЛ107А	10	2	100	2	6	Інфра-червоний	-40	+85	5.1

Фоторезистор – напівпровідниковий резистор, зміна електричного опору якого обумовлена виключною дією електромагнітного випромінювання. Світлочутливий елемент фото резистора представляє собою тонку плівку на скляній підложці, з електродами з малим опором. Даний сірко-кадмієвий фоторезистор має високу чутливість у видимій площині спектра. Залежність струму, який протікає по фото резистору залежить від інтенсивності падаючого потоку випромінювання. Головні технічні параметри фото резистора приведені в Таблиці 5.2.

Із збільшенням інтенсивності випромінювання світлового потоку опір в фоторезисторі звичайно різко зменшується і значення сили струму досягає до 6000 мкА. Дане значення сили струму буде відповідати випромінюванню при горінні полум'я в пальнику, заданому параметру тиску газу. У випадку гасіння полум'я, опір різко збільшиться і сила струму буде рівна 10 мкА. При такій силі струму мікропроцесор подасть команду через паралельний порт на блок БГР на аварійну зупинку котла.

Таблиця 5.2 – Головні технічні параметри фоторезистора

Тип фоторезистора	Допустима потужність розсіювання, Вт	Робоча напруга, В	Тепловий опір, кОм	$R_T/R_{св}$ , не менше	Відносний вимір опору %, не менше	К, мкА/лм-в	Постійна часу, мк-сек
ФСА-Г2	0,01	4-40	47-470	1,2	20	500	40-400

Від даного мікропроцесора, який замінює блоки БФК і БФВ після поступлення електричних сигналів від відповідних пристроїв (манометрів) по шині даних від першого паралельного порта, адресуються команди в програмуєчий таймер, в певну інтервально-часову послідовність. В залежності від якого датчика пристрою поступить електричний сигнал, мікропроцесор подасть команду через програмуєчий таймер і другий паралельний порт, на включення в роботу відповідного виконавчого пристрою, який буде виконувати певні функції регулювання клапаном для стабільної роботи автоматичної системи керування котла.

Блок формування дії призначений ( в автоматичі КСУМ 1), для перетворення електричних імпульсів, відповідно поступаючи з блоків БВС і БФВ, в команди керування вихідними реле, розміщеними в блоці БГР. Замінюючи БФД мікропроцесор при виникненні значних поломок в обладнанні миттєво подасть команду в БГР на аварійну зупинку котла.

При несправності під час роботи котла одного з блоків автоматики керування КСУМ 1, зупинку котла має здійснити оператор, натискаючи на аварійно-блокувальну кнопку на спрацювання запасного блокую чого автоматичного вузла захисту, від якого проводиться аварійна зупинка котла.

Мікропроцесор при несправності однієї з мікросхем, автоматично подає команду через блок БГР на зупинення роботи котла. При цьому відбувається швидше спрацювання виконавчого механізму на закриття клапаном

газопроводу від поступаючої керованої імпульсної команди від мікропроцесора, чим від аварійного блоку автоматики КСУМ 1, в результаті чого буде досягнута економія витрати газу.

## **5.2 Аналіз роботи автоматичної системи керування котла на базі автоматики керування КСУМ 1**

База створення алгоритму роботи водогрійного котла формується за допомогою функціональних блоків, які входять в комплект автоматики керування КСУМ 1:

Узгодження логіки джерела вхідного сигналу з додатною логікою, прийнятої в БУС, проводиться з допомогою двох інверторів, в залежності від того, який стан зовнішнього контакту прийнято дієвим і відповідний вихід блоку БВС перемичкою  $X$  підключається до першого виходу першого або другого інвертора. Сигнали від відповідних пристроїв – манометрів через відповідний роз'єм поступають в блок вводу сигналів. Звідти імпульси команд  $Z^i = 0$ ,  $Z^i = 1$  поступають в блок формування внутрішніх імпульсних команд.

Після подачі напруги живлення всі тригери блоку БФК встановлюються в стан 1. Тому всі  $Z^i = 0$  і  $\bar{Z}^i = 1$ . Наявність на виході  $A0/Д45$  команди  $Z10 = 0$  викликає  $Z1 = 1$ . Момент значень зміни  $Z^i$  і  $\bar{Z}^i$  визначаються блоком БПТ. Блок програмованого таймера формує часові затримки по закінченню яких на шинах «РАХУНОК» та «ТАКТ» відбувається зміна значень  $Z^i$  і  $\bar{Z}^i$  закладених програмою. Пара команд  $Z1 = Z2 = 1$  запускає блок БПТ на підрахунок витримки часу  $t1$ , в результаті чого по шині «РАХУНОК» формується 1, а на шині «ТАКТ» – 0. Так, як  $Z1 = 1$ ,  $Z9 = 0$  і на виході  $A10/Д44$  має місце 0, то на виходах  $A10/Д2$  і  $A10/Д3$  сформований 0, реле  $A11/K11.1$ ,  $A11/K5.1$  включені, засвічується індикатор «ПУСК», контакт  $A11/K11.2$  включає

живлення пускачів димососа і вентилятора, а контакт  $A11/K5.2$  формує інформаційний сигнал на верхній рівень керування про початок роботи – пуск котла. Включення програми пуску починається з моменту спрацювання пускового реле  $A7/K1.1$ .

Положення перемички  $X$  блоку БФД вибрано таким, що незалежно від типу клапана безпеки, він знаходиться у відкритому стані з допомогою реле  $A12.K6.1$ . Дані блоки БФК, БПТ, БФД взаємозв'язані між собою відповідними шинами. Після закінчення затримки часу  $t1$ , необхідної для розгону електромагнітних приводів вентилятора і димососа, на шині «ТАКТ» сигнал приймає значення 1. По цьому сигналу переключаються в стан 0 тригери  $D25$ ,  $D2$ ,  $D3$ , після чого виникає команда  $\bar{Z}2 = 0$  і блок БПТ встановлюється в попередній стан. Після закінчення часу  $t2$ , команда  $Z = 1$  відключає шибер димоходу, включає електромагнітний привід на закриття повітряної засувки, закриває клапан «великого» горіння. Цим закінчується вентиляція топки і продувка паливних ліній.

Під час роботи котла після натискання на приладному пульті керування кнопки  $S$  тригер  $A7/D3$  встановлюється в стан 1, і на виході  $A7/D10$  формується 0. В результаті чого дія пристроїв пуску і зупинки верхнього рівня керування деблокується, на виході елемента  $A7/D5$  сигнали в блок ВКП, канали якого з'єднуються з шинами блоку БГР на зупинку даного котла. Одночасно, при включенні в блоці БФК пускового реле  $A7/K1.1$ , тригер  $A10/D20$  знаходиться в стані 1, спрацьовують електромагнітні приводи, на відкриття димоходу і повітряної засувки. При команді  $Z = 1$  запускається блок БПТ на підрахунок затримки часу, необхідної для післязупинкової вентиляції.

При несправності виконавчого механізму в одному із вузлів автоматичної системи, робота котла не припиняється. Якщо на протязі певного часу не вдається полагодити виконавчий механізм, то від відповідних сигналізаційних пристроїв, зв'язаних з вимірюванням значень параметрів тиску газів, розрідження димових газів чи води, поступають електрично-імпульсні сигнали через блоки БВС і БФК на спрацювання відповідних реле блоку БГР на зупинку

котлоагрегата.

При використанні МПС, при виникненні аналогічної ситуації, прийнявши електричні сигнали від відповідних вимірювально – сигналізаційних пристроїв, мікропроцесор подасть команду через другий, паралельний порт вводу-виводу на блок БГР для аварійної зупинки котла.

### **5.3 Опис алгоритму пуску і зупинки та здійснення керування котлом, на базі автоматики КСУМ 1**

Алгоритм роботи здійснюється під дією програм на мові Асемблер, яка зберігається в ПЗУ. При зміні технологічного процесу чи інших пусконаладочних робіт зміна в мікропроцесорній системі буде залежати тільки від зміни програми в пам'яті. При включенні котлоагрегату в роботу з моменту спрацювання пускового реле  $K1.1$ , натисканні кнопки «ПУСК» відбувається ініціалізація програми:

1. Мікросхема першого паралельного порта «КР580ВВ55» настроюється в режим вводу сигналів із зовнішніх пристроїв – манометрів.
2. Настроювання на формування команд  $Z^i$  мікросхеми мікропроцесора «КР580ВК28».
3. Мікросхема другого паралельного порта настроюється в режим виводу інформації з системи на табло і керування відповідними виконавчими пристроями.
4. Мікросхема «КР580ВІ53» настроюється на режим відліку часових проміжків  $t^i (i = 1...9)$ .

Після включення пускового реле всі команди  $Z^i = 0, \bar{Z}^i = 1$ . Команда  $Z_{10} = 0$  викликає  $Z_1 = 1$ . Пара команд  $Z_1 = Z_2 = 1$  запускає БПТ на відлік часу  $t^1$ .

При початку  $t^1$  – часу розгону електроприводів вентилятора і димососа на шині «РАХУНОК» формується 1, а на шині «ТАКТ» формується 0.

Включаються разом з індикатором «ПУСК» електромагнітні приводи вентилятора і димососа. Виключаються канали захисту ( $Z2 = Z4 = Z6 = Z7 = 0$ ) В кінці  $t^1$  – на шині «ТАКТ» формується 1. При  $Z2 = 1$  – включаються канали захисту. А коли  $Z2 = 0$  – «РАХУНОК» = 0; «ТАКТ» = 0.

При початку  $t^2$  – часу роботи вентиляції, включається канал захисту: по тиску повітря, по розрідженні в топці, по аварійному відключенню димососа. Також включаються електромагнітні приводи для приведення в дію шибера димоходу і повітряної засувки. В кінці  $t^2$  відбувається зміна команд  $Z3 = 1, \bar{Z}3 = 0$ .

При початку  $t^3$  – часу продування паливних ліній, вентиляції топки, включаються реле  $K1.1, K2.1, K10.1, K4.1$ . Відкривається паливний клапан №1. В кінці  $t^3$  команди набуватимуть значень  $Z4 = 1, \bar{Z}4 = 0$ .

При початку часу  $t^5$  команди набувають значень  $Z5 = 1, \bar{Z}5 = 0$ . Відключається канал захисту по пониженню тиску первинного повітря, включаються реле  $K3.1, K5.1$ . Відкривається клапан №2 і включається блок запалювання (іскра для розпалювання). Кінець  $t^5$  – необхідний для розпалювання запальника.

При початку  $t^6$  команди набувають значень  $Z6 = 1, \bar{Z}6 = 0$ . Проходить включення каналу захисту по загасанню полум'я. Це час, який необхідний для розпалювання полум'я в пальнику. При цьому час  $t^6$  закінчується.

При початку часу  $t^7$  команди набувають значень  $Z7 = 1, \bar{Z}7 = 0$ . Час  $t^7$  – встановлює стабілізацію горіння. Включається канал захисту по підвищенню та пониженню тиску газу, а також виключається блок запального пристрою. При цьому час  $t^7$  закінчується.

При початку часу  $t^8$  команди набувають значень  $Z8 = 1, \bar{Z}8 = 0$ , закривається клапан №2 з виключенням каналу захисту за згасанням полум'я. При цьому в кінці часу  $t^8$  відбувається процес прогріву котла.

При початку часу  $t^9$  команди набувають значень  $Z9 = 1$ ,  $\bar{Z}9 = 0$ .

#### **5.4 Розробка керуючої програми на мові Асемблер для мікропроцесорної системи керування**

Алгоритм роботи підпрограми, яка входить в програмне керування автоматичної системи котла, виконується в певному порядку:

1. Задається код каналу.
2. Проводиться пуск АЦП.
3. Оцінюється готовність даних.
4. Знаходження роблоку регулюючого пристрою – мікропроцесора.
5. Знаходження керуючої дії на  $u$  - кроці квантування.
6. Запам'ятовування і встановлення знаку керуючої дії в ОЗП.
7. Виведення керуючої дії в канал програмуючого таймера і знак в адаптер.
8. Приведемо опис вихідних даних:

LT1EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_1$

HT1EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_1$

LT2EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_2$

HT2EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_2$

LT3EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_3$

HT3EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_3$

LT4EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_4$

HT4EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_4$

LT5EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_5$

HT5EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_5$

LT6EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_6$

HT6EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу  $t_6$

LT7EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу  $t_1$



HT7EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу t7  
 LT8EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу t8  
 HT8EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу t8  
 LT9EQU; молодший байт коефіцієнта відліку часу t9  
 HT9EQU; старший байт коефіцієнт відліку часу t9  
 HH1EQU; молодший байт для лічильника 2 мікросхеми DD13  
 HH2EQU; старший байт для лічильника 2 мікросхеми DD13

CONTROL EQU EFH ;адрес РКС таймера мікросхеми DD13  
 COUNT-0 EQU ECH ;адрес лічильника 0  
 COUNT-1 EQU EDH ;адрес лічильника 1  
 COUNT-2 EQU EEH ;адрес лічильника 2  
 MODE-0 EQU 30H ;режим роботи лічильника 0  
 MODE-1 EQU 72H ; режим роботи лічильника 1  
 MODE-2 EQU ; режим роботи лічильника 2

PORTA1 EQU F4H ;адрес порта А мікросхеми DD6  
 PORTB1 EQU F5H ; адрес порта В мікросхеми DD6  
 PORTC1 EQU F6H ; адрес порта С мікросхеми DD6  
 РКC1 F7H ;адрес регістру керуючого слова мікросхеми DD6  
 WORD1 80H ;керуюче слово мікросхеми DD6

(режим вводу В-А, С0-С3 і режим виводу С4-С7)

PORTA2 EQU F8H ;адрес порта А мікросхеми DD7  
 PORTB2 EQU F9H ; адрес порта В мікросхеми DD7  
 PORTC2 EQU FАH ; адрес порта С мікросхеми DD7  
 РКC2 FBH ;адрес регістру керуючого слова мікросхеми DD7  
 WORD2 93H ;керуюче слово мікросхеми DD7  
 AS1 EQU 0000001В ; температура води висока  
 AS2 EQU 00000010В ; розрідження низьке  
 AS3 EQU 00000100В ; тиск повітря низький

AS4	EQU	00001000B	; тиск води низький
AS5	EQU	00010000B	; тиск палива (газу) низький
AS6	EQU	00100000B	; тиск води високий
AS7	EQU	01000000B	; немає полум'я
AS8	EQU	10000000B	; СТОП
CONTR	EQU	DFH	;адреса РКС таймера мікросхеми DD14
CN-0	EQU	DDH	;адреса лічильника 0
CN-1	EQU	DDH	;адреса лічильника 1
CN-2	EQU	DEH	;адреса лічильника 2
MD-0	EQU	10H	;режим роботи лічильника 0
MD-1	EQU	50H	;режим роботи лічильника 1
MD-2	EQU	90H	;режим роботи лічильника 2

Складання програми:

PUSK:	MV1A, WORD1	;порт мікросхеми DD6 на ввід
	OUT RKC1	
	MV1A, WORD2	;порт мікросхеми DD7 на ввід
	OUT RKC2	
	MV1A, 0	;команди $Z_i = 0 (i = 1...12)$
	OUT PORT B2	
	MV1A, 11110000B	;включений індикатор «ПУСК»
	OUT PORT A2	
	CALL ANALIZ	;п/п аналізу стану манометрів
	MVID, MODE-0	;керуючі слова для лічильників
	MVIE, MODE-1	;керуючі слова для програмного
таймера		
T1:	MVIL, LT1	;програма робочого циклу t1
	MVIH, HT1	

```

CALL PTIMER
T2:  MVIL, LT2           ; програма робочого циклу t2
     MVIH, HT2
     CALL PTIMER
T3:  MVIL, LT3           ; програма робочого циклу t3
     MVIH, HT3
     CALL PTIMER           ; програма робочого циклу ti
...
T8:  MVIL, LT8           ; програма робочого циклу t8
     MVIH, HT8
     CALL PTIMER
T9:  MVIL, LT9           ; програма робочого циклу t9
     MVIH, HT9
     CALL PTIMER

MVIA, 01000000           ; установка сигналу
OUT PORT C2              ; GATE для роботи лічильників
MVIA, MODE-2             ; ініціалізація лічильника таймера 2 МС

```

DD13

```

OUT CONTROL
MVIA, HH1
OUT COUNT-2             ; задати режими роботи
MVIA, MD-0
OUT CONTR
MVIA, MD-1
OUT CONTR
MVIA, MD-2
OUT CONTR

```

REZUM1: MV1 A0101000 ; включений режим – «РОБОТА»

	OUT PORT C2	
	CALL ROBOTA	;алгоритм ПІ-регулювання
	CALL ANALIZ	
	JNZ REZUM1	
OSTANOV:	CALL ZACHYST	;включена система захисту
	CALL SYGNAL	;включене сигнальне табло
	HLT	;зупинка програми
PTIMER:	MOVA, D	;настройка програмного таймер МС
DD14		
	OUT CONTROL	
	MOVA, L	;завантажити число LТі в лічильник 0
	OUT CONTROL	
	MOVA, H	;завантажити число НТШ в лічильник
1		
	OUT CONTROL	
	MOVA, E	;встановлення режиму 1 для лічильника
1		
	OUT CONTROL	
	MOVI, A, 11110000	;запустити роботу лічильника
	OUT PORT C2	;формування сигналу «ЦИКЛ»
T0	CALL ANALIZ	
	IN PORT C1	;аналіз часової затримки
	JNZ T0	;сигнал «ТАКТ»
	CALL COMAND Z	;формування команди $Z^i$
	RET	
ANALIZ:	IN PORT A1	;ввід даних з датчиків
	CP1 AS1	;температура води висока 2

	JZ SYT1	;так, п/п обробки ситуації 1
	CP1 AS2	;аналіз аварійної ситуації AS
	JZ SYT2	;при наявності аварійної ситуації виконувати
п/п		
	CP1 AS3	
	JZ SYT3	
	CP1 AS4	;обслуговування аварійної ситуації
	JZ SYT4	
	CP1 AS5	
	JZ SYT5	
	CP1 AS6	
	JZ SYT6	
	CP1 AS7	
	JZ SYT7	
	CP1 AS8	
	JZ SYT8	;відбувся режим зупинки 2
	JZ OSTANOV	;так, перейти до програми JSTANOV
	RET	;повернення в основну програму при нормальній роботі системи

#### Основні підпрограми:

PTIMER:	програмування лічильника, формування сигналів «ЦИКЛ» та «ТАКТ» також і формування сигналів в лічильнику
ANALIZ:	опитування стану відповідних пристроїв (манометрів) при нормальній роботі котла – відбувається повернення в основну програму, а при аварійній чи стоповій ситуації команда передає керування в підпрограму OSTANOV
ZACHYST:	підпрограма формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв
SYGNAL:	підпрограма формує сигнали для інформаційного табло

COMMAND Z: підпрограма формує код команди  $Z^i$   
SYT1...SYT7: підпрограми обслуговування виконавчих пристроїв в разі виникнення відповідної аварійної ситуації AS1...AS7  
ROBOTA: алгоритм триканального ПІ-закноу імпульсного регулювання сумісно з виконавчим механізмом МЕО.

Мікропроцесорна система також бере на себе функції регулятора по трьох координатах котла. Дана мікропроцесорна система суттєво розширює функціональні можливості локальної автоматики котла.

## **6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

### **6.1 Планування технічної підготовки виробництва проектного пристрою**

Проектована в даній дипломній роботі система автоматичного керування водогрійного котла при використанні сучасного електронного цифрового обладнання, точно веде контроль за роботою виконавчих механізмів для ефективного регулювання режимом спалювання газу в пальнику, в залежності від температури навколишнього середовища. Також при заміні мікропроцесором в автоматичній системі певних блоків, які використовувались в базовому варіанті для керування роботою котла, досягається економія матеріальних коштів.

Планування технічної підготовки по виробництву проектного пристрою:

1. Визначення трудомісткості і обсягу роботи конструкторської підготовки виробництва.
2. Розрахунок трудомісткості, обсягу роботи технологічної підготовки виробництва проектного пристрою.
3. Моделювання сіткової моделі технічної підготовки виробництва проектного пристрою.

Перелік етапів конструкторської підготовки виробництва: технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, розробка технічної документації.

Трудомісткість окремого етапу конструкторської підготовки визначається за формулою:

$$T_K = H_{чк} \cdot O_{п} \cdot K_C \cdot K_P \cdot K_{\phi}, \quad (6.1)$$

де  $H_{чк}$  - норми часу на одну облікову одиницю конструкторської підготовки,

в залежності від ступеня складності і новизни;

$O_{п}$  - об'єкт конструкторської підготовки виробництва;

$K_C$  - коефіцієнт стійкості виробництва проектованого пристрою;

$K_P$  - коефіцієнт габаритності в залежності від маси проектованого пристрою;

$K_{\phi}$  - поправочний коефіцієнт при невідповідності фактичних і нормативних форматів технічної документації.

Дані по розрахунку трудомісткості загального обсягу робіт по виготовленню проектованого пристрою приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані розрахунків трудомісткості загального обсягу робіт

Стадії проектування	Кількість облікових одиниць	Норма часу на 1 облікову одиницю, люд/год	Трудомісткість обсягу робіт, люд/год
Технічне завдання	1	40,0	56,72
Технічна пропозиція	1	62,0	118,48
Ескізний проект	1	20,0	250,05
Технічний проект	1	3,0	3,20
Розробка технічної документації	1	7,2	4,50
Складання технічного паспорту	1	54,0	72,48
Монтажні креслення	1	4,0	5,21
Розробка електричних схем	1	72,0	140,2
Програми і методика випробувань	1	80,0	191,04
Складання технічних умов	1	25,0	120,05
Участь у відладці дослідного взірця	1	38,5	70,75
Всього			1032,50

У відповідності з ЄСТПВ встановлені такі етапи для визначення трудомісткості і обсягу робіт технологічної підготовки виробництва:

1. Технологічний контроль креслень.
2. Розробка технологічних процесів.



3. Проектування і виготовлення технологічного обладнання.
4. Наладка і впровадження у виробництво технологічних процесів.

Трудомісткість технологічної підготовки виробництва в розрізі окремих етапів, визначається по формулі:

$$T_T = H_{чТ} \cdot N_a, \quad (6.2)$$

де  $H_{чТ}$  - норма часу на проектування технологічного процесу виготовлення одного пристрою;

$N_a$  - кількість облікових одиниць.

Результати даних по розрахунку трудомісткості і обсягу робіт технологічної підготовки виробництва, приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати даних технологічної підготовки виробництва

Етапи технічної підготовки виробництва	Кількість облікових одиниць	Норма часу на одну облікову одиницю, люд/год	Трудомісткість обсягу робіт, люд/год
Розробка маршрутної технології	1	3,5	3,8
Розробка укрупненої технології	1	9,4	11,5
Розробка операційної технології	1	27,5	35,8
Конструювання всіх видів оснащення	1	25,5	31,2
Виготовлення всіх видів оснащення	1	31,5	41,1

Для побудови сіткового графіка приведено таку нумерацію робіт:

1. – Технічне завдання.
2. – Технічна пропозиція.
3. – Ескізний проект.
4. – Розробка електричних схем.
5. – Розробка монтажних схем.
6. – Програма і методика випробувань.

7. – Складання технічного паспорту.
8. – Проведення нормоконтролю.
9. – Складання технічного опису.
10. – Перевірка на патентну чистоту.
11. – Складання технічних умов на виготовлення проектного пристрою.
12. – Розробка, виготовлення і випробування експериментального взірця.
13. – Комплектування технологічної документації.
14. – Випробування взірця у замовника.
15. – Розробка технологічних процесів складання і виготовлення друкованих плат.
16. – Розробка маршрутної технології.
17. – Розробка операційної технології.
18. – Складання замовлень і узгодження технічних умов на отримання відповідних матеріалів.
19. – Наладка відповідного обладнання для серійного виробництва проектного пристрою.

При складанні сіткового графіка, вказуються дні, за які протягом певного періоду часу, відбуваються певні роботи по виконанню певного етапу. Коди робіт для побудови сіткового графіка планування технічної підготовки виробництва відповідного пристрою приведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Коди робіт для побудови сіткового графіка

Найменування робіт	Код	Дні
1. Технічне завдання	1-2	10
2. Технічна пропозиція	2-3	21
3. Ескізний проект	3-4	25
4. Розробка електричних схем	4-5	15
5. Розробка монтажних схем	5-6	10
6. Програма і методика випробувань	6-7	2
7. Складання технічного паспорту	7-8	10

Найменування робіт	Код	Дні
8. Проведення нормоконтролю	8-9	1
9. Складання технічного опису	9-10	20
10. Перевірка на патентну чистоту	9-11	10
11. Складання технічних умов на виготовлення проектного пристрою	10-11	7
12. Розробка, виготовлення і випробування експериментального взірця пристрою	11-12	8
13. Комплектування технічної документації	12-13	28
14. Випробування взірця у замовника	13-16	2
15. Розробка технологічних процесів складання і виготовлення друкованих плат	13-14	25
16. Розробка маршрутної технології	13-15	8
17. Розробка операційної технології	14-16	9
18. Складання замовлень і узгодження технічних умов на отримання відповідних матеріалів	15-16	4
19. Наладка відповідного обладнання для серійного виробництва спроектованого пристрою	16-17	2
20. Запуск серійного виробництва	17-18	18

Сітковий графік по плануванню технічної підготовки виробництва проектного пристрою приведено на рисунку 6.1.

## 6.2 Визначення економічної ефективності нового пристрою

Економічний ефект визначається по умовах використання нового пристрою за розрахунковий період по формулі:

$$E_{PP} = P_{PP} - Z_{PP}, \quad (6.3)$$

де  $P_{PP}$  - вартісна оцінка результатів використання нового приладу за розрахунковий період;

$Z_{PP}$  - вартісна оцінка затрат на виробництво нового приладу.

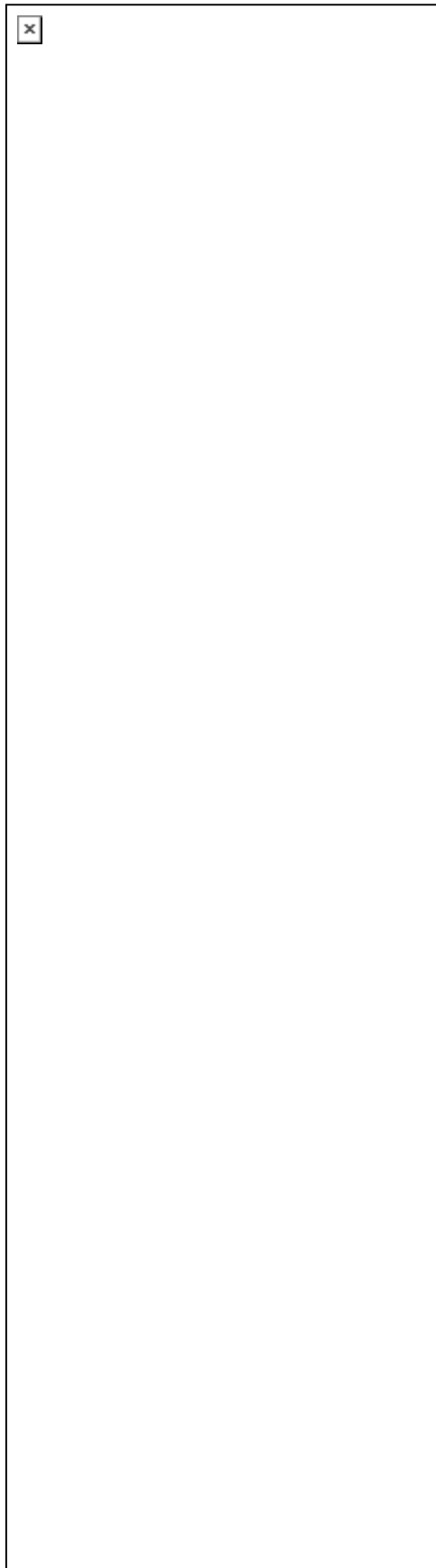


Рисунок 6.1 – Сітковий графік планування технічної підготовки виробництва  
проектowanego пристрою

Величина розрахункового періоду визначається по формулі:

$$T_P = T_{ТП} + T_B + T_E, \quad (6.4)$$

де  $T_{ТП}$  - тривалість робіт по технічній підготовці виробництва нового пристрою,  $T_{ТП} = 220$  днів;

$T_E$  - тривалість часу використання нового пристрою згідно технічного завдання,  $T_E = 5475$  днів;

$T_B$  - тривалість часу виготовлення нового пристрою,  $T_B = 40$  днів.

Отже, згідно формули розрахунковий період складає:

$$T_P = 220 + 40 + 5475 = 5735 \text{ днів.}$$

### 6.3 Розрахунок затрат на виготовлення нового пристрою

Затрати на виробництво нового пристрою за розрахунковий період визначається за формулою:

$$Z_{BH} = \overset{t_K}{\underset{t=t_H}{\mathbf{a}}} Z_{ПВt\phi} \times K_{ПРt}, \quad (6.5)$$

де  $Z_{ПВt\phi}$  - поточні витрати на виробництво нового пристрою включаючи і амортизаційні відрахування;

$K_{ПРt}$  - разові (капітальні) затрати на виробництво нового пристрою в кінцевому році розрахункового періоду;

$t_K$  - кінцевий рік розрахункового періоду;

$t = t_H$  - перший рік розрахункового періоду.

Розрахунок поточних витрат на виготовлення пристрою проводиться по варіантах в розрізі таких калькуляційних статей:

1. Сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів).
2. Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби.
3. Паливо і енергія на технологічні цілі.
4. Основна і додаткова заробітна плата виробничим працівникам.

5. Перерахування з заробітної плати (органам соціального страхування, фонд Чорнобиля, фонд зайнятості).

6. Витрати на підготовку і освоєння виробництво нового пристрою.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін:

$$M_3 = \sum_{i=1}^n H_{Mi} \times C_{Oi}, \quad (6.6)$$

де  $H_{Mi}$  - норма затрат на сировину і матеріали на проєктований пристрій;

$C_{Oi}$  - оптова ціна на одиницю витрат сировини і матеріалів;

$n$  - кількість найменувань сировини і матеріалів.

Визначення величини затрат на сировину і матеріали приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Визначення величини затрат на сировину і матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат на виготовлення пристрою	Ціна за одиницю пристрою, грн	Затрати сировини і матеріалів, грн
Сталь листова	м <sup>2</sup>	8	258	507
Електричний провід	м	20	85	212,50
Штекери	шт	2	24	85
Фарба	кг	4	54	142
Транспортно-заготівельні затарти				154
Всього				1100,50

Розрахунок вартості купованих напівфабрикатів, деталей та виробів проводиться за формулою:

$$K_{NB} = \sum_{i=1}^n H_i \times C_{Hi}, \quad (6.7)$$

де  $H_i$  - кількість купованих напівфабрикатів і деталей, які використовуються при виготовленні проєктованого пристрою;

$C_{Hi}$  - оптова ціна за одиницю витрат напівфабрикатів та деталей.

Результати розрахованих витрат на куповані напівфабрикати та деталі приведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Розраховані витрати на куповані напівфабрикати і деталі

Найменування комплектуючих виробів	Кількість на один виріб, шт	Ціна за одиницю виробу, грн	Загальні витрати, грн	Загальна ціна, грн
Мікросхеми	28	25	550	700
Транзистори	20	5	45	100
Діоди	35	8	152	280
Конденсатори	40	4	84	160
Транспортно-заготівельні затарти				800
Всього				2040

Затрати на основну заробітну плату виробничих працівників визначають на основі даних про трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величині тарифних ставок відповідних розрядів, по відсотках доплат, що входять до основної зарплати працівників. Затрати на основну заробітну плату виробничих робітників, зайнятих на виготовленні спроектованого пристрою, визначають по формулі:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_i \times T_{Ci} \times K_o, \quad (6.8)$$

де  $T_i$  - трудомісткість видів робіт по виготовленню виробу;

$T_{Ci}$  - величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду  $i$ -х видів робіт;

$K_o$  - коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати,  $K_o = 1,4$ ;

$n$  - кількість видів робіт.

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду, визначається по формулі:

$$T_{Ci} = T_{C1} \times T_{KC}, \quad (6.9)$$

де  $T_{C1}$  - величина тарифної ставки першого розряду;

$T_{KC}$  - середній тарифний коефіцієнт робіт.

Середній тарифний коефіцієнт робіт визначається по формулі:

$$T_{KC} = \frac{\sum_{i=1}^p K_i \times T_{ij}}{\sum_{i=1}^p T_{ij}}, \quad (6.10)$$

де  $K_i$  - тарифні коефіцієнти  $i$ -х розрядів;

$T_{ij}$  - трудомісткість  $i$ -х робіт  $j$ -х розрядів;

$p$  - кількість розрядів.

Тарифні коефіцієнти з другого по сьомий розряди складають: II – 1,08; III – 1,2; IV – 1,35; V – 1,35; VI – 1,8; VII– 1,89.

Дані розрахунку трудомісткості робіт по виготовленню проектного пристрою приведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6.

Перелік етапів по виготовленню	Трудомісткість робіт, нормо/год.				Загальна ціна на виготовлення, грн
	заготівельна	гальванічна	складальна	монтажна	
Виготовлення корпусних частин мікропроцесора	2,8	2	1,5	1,2	
Виготовлення самої мікросхеми МП	1,2	1	2,5	1,8	708

Середній тарифний коефіцієнт згідно приведеної формули становить:

$$T_{KC} = \frac{2,1 \times 1,2 + 1,2 \times 1,35 + 2 \times 1,08 + 1 \times 1,2 + 1,5 \times 1,34 + 2,5 \times 1,8 + 1,2 \times 1,8 + 1,8 \times 1,89}{14} = 1,4.$$

Приведемо розрахунок величини тарифних ставок  $i$ -х видів робіт:

$$T_{C1} = 50,84 \times 1,4 = 75 \text{ грн.}$$

$$T_{C2} = 56,45 \times 1,4 = 83 \text{ грн.}$$



$$T_{C3} = 46,72 \times 1,4 = 69 \text{ грн.}$$

$$T_{C4} = 33,91 \times 1,4 = 43 \text{ грн.}$$

$$T_{C5} = 40,9 \times 1,4 = 60 \text{ грн.}$$

$$T_{C6} = 40,9 \times 1,4 = 60 \text{ грн.}$$

$$T_{C7} = 59,5 \times 1,4 = 87 \text{ грн.}$$

Затрати на основну заробітну плату працівників становлять:

$$Z_o = [4 \times 83 + 3 \times 69 + 4 \times 60 + 3 \times 87] \times 1,4 = 1456 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників приймається на рівні 10% від основної зарплати. Відрахування на соціальне страхування становлять 37% від усієї заробітної плати виробничих робітників:

$$B_c = \frac{14,56}{100} \times 37 = 5,4 \text{ грн.}$$

Відрахування в фонд Чорнобиля та в фонд зайнятості проводяться аналогічно. Відсотки відрахувань становлять відповідно 12% і 3% від усієї заробітної плати виробничих робітників:

$$B_c = \frac{15,56}{100} \times 12 = 1,9 \text{ грн.}$$

$$B_c = \frac{15,56}{100} \times 3 = 0,5 \text{ грн.}$$

Визначення чисельності конструкторів і технологів проводиться за формулою:

$$Ц_{ПТ} = \frac{T_{ПТ}}{B_{ПТ} \times K_{ВН}}, \quad (6.11)$$

де  $T_{ПТ}$  - трудомісткість технічної підготовки виробництва,  $T_{ПТ} = 4100$  год.;

$B_{ПТ}$  - плановий річний бюджет часу одного працівника,  $B_{ПТ} = 1860$  год.;

$K_{ВН}$  - коефіцієнт виконання норми часу працівниками,  $K_{ВН} = 0,95$ .

$$Ц_{ПТ} = \frac{4100}{1860 \times 0,95} = 2,3 \approx 2 \text{ працівники.}$$

Дані розрахунку затрат на зарплату виробничих робітників приведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Дані розрахунку затрат на заробітну плату виробничих робітників

Види робіт, розряди, (тарифна ставки)	Трудомісткість робіт, нормо/год	Тарифна ставка, грн	Величина тарифної зарплати, грн	Середній тарифний коефіцієнт основної зарплати
1.Заготівельні операції				
III (1,2)	2,8	68,8	120,0	-
IV (1,35)	1,2	52,5	58,7	-
2. Гальванічна обробка				
II (1,08)	2,0	68,8	205,8	-
III (1,2)	1,0	42,5	105,2	-
3. складальні операції				
V (1,34)	1,5	54,5	240,2	-
VI (1,8)	2,5	50,2	125,5	-
4. Монтажні операції				
VI (1,8)	1,2	70,2	287,5	-
VII (1,89)	1,8	67,8	170,2	-
Всього	14,0	475,3	1313,1	1,4

Розрахунок зарплати працівників за окладами визначаємо по формулі:

$$Z_{\text{ПО}} = \sum_{i=1}^K O_i \times \mathcal{U}_{\text{ПТ}i} \times 2, \quad (6.12)$$

де  $O_i$  - розмір місячних окладів  $i$ -х категорій працівників;

$\mathcal{U}_{\text{ПТ}i}$  - чисельність категорії працівників;

$K$  - кількість категорій груп,  $K = 3$ .

Розмір місячних окладів, для працівників становить:

1.  $Q_1 = 150$  грн.,  $\mathcal{U}_{\text{ПТ}1} = 1$ .

2.  $Q_2 = 180$  грн.,  $\mathcal{U}_{\text{ПТ}2} = 1$ .

3.  $Q_3 = 120$  грн.,  $\mathcal{U}_{\text{ПТ}3} = 1$ .

Зарплата для працівників за окладами становить:

$$Z_{\text{ПО}} = (150 \times 1 \times 12) + (180 \times 1 \times 12) + (120 \times 1 \times 12) = 5400 \text{ грн.}$$

Величина основної і додаткової заробітної плати визначається по формулі:

$$Z_{\text{Под}} = \frac{Z_{\text{По}}}{1 + K_{\text{д}}}, \quad (6.13)$$

де  $K_{\text{д}}$  - коефіцієнт додаткової зарплати,  $K_{\text{д}} = 0,1$ .

$$Z_{\text{Под}} = \frac{5400}{1 + 0,1} = 4909 \text{ грн.}$$

Величина затрат на підготовку і освоєння виробництва визначається по формулі:

$$Z_{\text{ПО}} = \frac{Z_{\text{Под}} \times 100}{Z_{\text{Пне}}}, \quad (6.14)$$

де  $Z_{\text{Пне}}$  - затрати основної і додаткової зарплати на підготовку і освоєння виробництва приладу – аналога,  $Z_{\text{Пне}} = 30\%$

$$Z_{\text{ПО}} = \frac{4909 \times 100}{30} = 16363 \text{ грн.}$$

Сума затрат на утримання і експлуатацію розраховується у відсотках до основної заробітної плати виробничих працівників. Аналогічно розраховуються цехові та заводські затрати.

В укрупнених розрахунках відсотки перерахованих затрат можна прийняти на рівні:

1. Затрати 200% на утримання і експлуатацію обладнання:

$$P_{\text{УС}} = \frac{14,56}{100} \times 200 = 29,12 \text{ грн.}$$

2. Цехові – 160% затрати:

$$P_{\text{Ц}} = \frac{14,56}{100} \times 160 = 23,29 \text{ грн.}$$

3. Заводські – 210% затрати:

$$P_3 = \frac{14,56}{100} \times 210 = 30,5 \text{ грн.}$$

Загальна сума цехових, заводських та затрат на утримання і експлуатацію обладнання визначаються по формулі:

$$Z_3 = (P_{VC} + P_{Ц} + P_3) \times K_{ПР}, \quad (6.15)$$

де  $K_{ПР}$  - приведений коефіцієнт відносних затрат на утримання і експлуатацію відповідного обладнання,  $K_{ПР} = 1,5$ .

$$Z_3 = (29,12 + 23,29 + 30,5) \times 1,5 = 98,16 \text{ грн.}$$

Значення поточних затрат по виготовленню нового пристрою приведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Значення поточних затрат по виготовленню нового пристрою

Калькуляційні статті	Сума затрат	
	базовий	проектний
Сировина і матеріали	150,70	110,05
Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби	220,00	204,00
Основна і додаткова зарплата	1720,50	1556,20
Затрати на підготовку і освоєння виробництва	18240,00	16363,00
Витрати на експлуатацію і утримання обладнання	100,20	98,16
Цехові витрати	40,50	23,29
Загальнозаводські витрати	50,40	30,05
Повна собівартість	20521,80	18384,70

#### 6.4 Визначення лімітної ціни нового пристрою

Лімітна ціна – це максимальна (оптова) ціна, яка відповідає певним техніко–економічним параметрам нового пристрою. Лімітна ціна нового пристрою визначається по формулі:

$$Ц_{Л} = C_{ПМ} + П_{М}, \quad (6.16)$$

де  $C_{ПМ}$  - максимальний рівень повної собівартості нового пристрою;

$P_M$  - нормативна величина прибутку.

Максимальний рівень повної собівартості нового пристрою визначається по формулі:

$$C_{PM} = 0,85 \times C_{PA} \times P_K, \quad (6.17)$$

де  $C_{PA}$  - повна собівартість пристрою – взірця, який замінюється новим,

$$C_{PA} = 400 \text{ грн.};$$

$P_K$  - комплексний показник якості проектованого пристрою,  $P_K = 1,05$ ;

0,85 - нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового пристрою, який гарантує зниження оптових ціна на одиницю кінцевого корисного ефекту.

$$C_{PM} = 0,85 \times 400 \times 1,05 = 357 \text{ грн.}$$

Нормативна величина прибутку на певний пристрій приймається рівною 15% від повної собівартості. При цьому лімітна ціна нового пристрою буде рівною:

$$C_{L} = 357 + \frac{357}{100} \times 15 = 411 \text{ грн.}$$

## 6.5 Визначення затрат по експлуатації нового пристрою

Розрахунок затрат по експлуатації за розрахунковий період визначається по формулі:

$$Z_{СП} = \sum_{t=t_n}^{t_n} (ПЗ_{CBt} + K_t + P_t), \quad (6.18)$$

де  $ПЗ_{CBt}$  - поточні затрати на експлуатацію виробу – пристрою;

$K_t$  - разові (капітальні) затрати при використанні нового пристрою;

$P_t$  - залишкова вартість основних фондів, що вибувають;

Величина поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби пристрою складається з таких статей:

$$Z_3 = \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Z_{3\Pi i} + \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Z_{Ei} + \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Z_{Pi} + \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Z_{ETi} + \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Z_{\Pi i} + \overset{e}{\underset{t=1}{\mathop{\text{a}}}} Y_{\Pi i}, \quad (6.19)$$

де  $Z_{3\Pi i}$  - затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням в кінці року;

$Z_{Ei}$  - затрати по всіх видах енергії як самого пристрою, так і технологічного процесу в  $i$ -му році його служби;

$Z_{Pi}$  - затрати на ремонт пристрою і обладнання;

$Z_{CTi}$  - витрати від браку;

$Z_{\Pi i}$  - затрати на періодичні перевірки і наладки відповідного обладнання;

$t$  - термін служби спроектованого нового пристрою;

$Y_{\Pi i}$  - умовно – платіжні витрати.

Затрати на основну і додаткову зарплату з перерахуванням в кінці року для працівників, які задіяні в роботі по виготовленню: пристрою – блоку формування команд управління при базовому варіанті для автоматичного керування котлом, а також регулятора Рг25 будуть становити і визначатись по формулі:

$$Z_{3\Pi i} = \frac{t_1}{60} T_{Ci} (1 + K_{\partial\partial}) (1 + K_{\partialз}) (1 + K_{\partialз}) \times \Pi_P \times T_C, \quad (6.20)$$

де  $t_1$  - час однієї сприймальної команди – електричного сигналу від відповідного вимірювального пристрою, замінюваного регулятором Рг25,  $t_1 = 0,05$  с.;

$T_{Ci}$  - годинні тарифні ставки оператора.  $T_{Ci} = 0,81$  грн.;

$K_{\partial\partial}$  - коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати,  $K_{\partial\partial} = 0,4$ ;

$K_{\partialз}$  - коефіцієнт відрахування на зарплату,  $K_{\partialз} = 0,52$ ;

$K_{\partialз}$  - коефіцієнт додаткової зарплати,  $K_{\partialз} = 0,11$ ;

$\Pi_P$  - коефіцієнт теплопродуктивності даного водогрійного котла, при використанні базового пристрою,  $\Pi_P = 107 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$  - по розходу

газу;

$T_C$  - термін служби,  $T_C = 1,5$  років.

$$Z_{\text{зпi}}^{\text{б}} = \frac{0,05}{60} \cdot 0,81(1+0,4)(1+0,11)(1+0,52) \times 107 \times 15 = 25 \text{ грн.}$$

Затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням в кінці року. Для працівників, які задіяні в роботі при виготовленні мікропроцесора КР580 серії для мікропроцесорної системи керування котлом, вони будуть визначені по формулі:

$$Z_{\text{зпi}}^{\text{п}} = \frac{t_2}{60} T_{Ci} (1 + K_{\text{од}})(1 + K_{\text{оз}})(1 + K_{\text{вз}}) \times \Pi_2 \times T_C, \quad (6.21)$$

де  $t_2$  - час однієї сприймальної команди – електричного сигналу від відповідного вимірювального пристрою, новоспроекттованим мікропроцесором,  $t_2 = 0,01$  с.;

$T_{Ci}$  - годинні тарифні ставки оператора.  $T_{Ci} = 0,73$  грн.;

$\Pi_P$  - коефіцієнт теплопродуктивності даного водогрійного котла, при використанні базового пристрою,  $\Pi_P = 102 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$  - по розходу

газу;

$T_C$  - термін служби,  $T_C = 1,5$  років.

$$Z_{\text{зпi}}^{\text{п}} = \frac{0,01}{60} \cdot 0,73(1+0,4)(1+0,11)(1+0,52) \times 102 \times 15 = 14 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію визначаються по формулі:

$$Z_{\text{Еi}}^{\text{б}} = M_{\text{п}} \times \frac{t_1}{60} \times \Pi_P \times a \times T_C, \quad (6.22)$$

де  $a$  - тариф на електроенергію,  $a = 15,06$ ;

$M_{\text{п}}$  - потужність електроприводів виконавчих механізмів, 1,5 кВт.

$$Z_{\text{Еi}}^{\text{б}} = 1,5 \times \frac{0,05}{60} \times 107 \times 15,06 \times 15 = 30 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{Еi}}^{\text{п}} = 1,5 \times \frac{0,01}{60} \times 102 \times 15,06 \times 15 = 8 \text{ грн.}$$

Визначення витрат від браку після виготовлення базового варіанту

пристрою – регулятора Рг25 проводиться па формулі:

$$Z_{\text{БПі}}^{\text{Б}} = V_{\text{БР}} \times T_{\text{Р}} \times \Pi_{\text{ВБ}} \times T_{\text{С}}, \quad (6.23)$$

де  $V_{\text{БР}}$  - вартість браку в результаті поломки одного із обладнання, на якому виготовляється певна частина пристрою,  $V_{\text{БР}} = 20$  грн.;

$T_{\text{Р}}$  - число годин роботи пристрою на протязі року,  $T_{\text{Р}} = 2640$ ;

$\Pi_{\text{ВБ}}$  - параметр, що характеризує якість після виготовлення пристрою,  $\Pi_{\text{ВБ}} = 0,01$ .

$$Z_{\text{БПі}}^{\text{Б}} = 20 \times 2640 \times 0,01 \times 5 = 7920 \text{ грн.}$$

Визначення витрат від браку після виготовлення нового проектованого пристрою – мікропроцесора, проводиться по формулі:

$$Z_{\text{БПі}}^{\text{П}} = V_{\text{БР}} \times T_{\text{Р}} \times \Pi_{\text{ВБ}} \times T_{\text{С}}, \quad (6.24)$$

де  $V_{\text{БР}}$  - вартість браку в результаті поломки одного із обладнання, на якому виготовляється певна частина пристрою,  $V_{\text{БР}} = 10$  грн.;

$$Z_{\text{БПі}}^{\text{П}} = 10 \times 2640 \times 0,01 \times 5 = 3960 \text{ грн.}$$

До умовно – постійних затрат відносяться:

1. Витрати на утримання і експлуатацію виробничого обладнання.
2. Визначення затрат на періодичні перевірки і налагоджування обладнання, на якому виготовляються керуючі пристрої.
3. Величини поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби відповідних пристроїв.
4. Разові (капітальні) затрати при використанні і введенні в роботу керуючих пристроїв.

Визначення витрат на утримання і експлуатацію виробничого обладнання, проводиться по формулі:

$$Z_{\text{УПі}} = Z_{\text{УПі}}^{\text{У}} \times \frac{P_2}{P_1} - \frac{Z_{\text{УПі}}^{\text{У}}}{P_1} - 1 \times K_{\text{П}} \times T_{\text{С}}, \quad (6.25)$$

де  $Z_{\text{УПі}}^{\text{У}}$  - величина умовно-постійних затрат в іншому році без врахування зростання продуктивності нового пристрою,  $Z_{\text{УПі}}^{\text{У}} = 200$  грн.



$K_{II}$  - коефіцієнт, що враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нового пристрою,  $K_{II} = 1,02$ .

$$Z_{VII} = 200 \times \frac{107}{102} - 1 \times 1,02 \times 15 = 1605 \text{ грн.}$$

Визначення затрат на періодичну перевірку і налагоджування відповідного виробничого обладнання, на якому проводиться виготовлення базового варіанту пристрою – регулятора Pг25, проводиться по формулі:

$$Z_{III}^B = H_{III} \times Z_{III} \times \frac{P_2}{P_1} \times T_c, \quad (6.26)$$

де  $H_{III}$  - кількість перевірок в рік,  $H_{III} = 1$ ;

$Z_{III}$  - величина затрат на одну перевірку, чи в справному стані знаходиться відповідне виробниче обладнання,  $Z_{III} = 100$  грн.

$$Z_{III}^B = 1 \times 100 \times \frac{107}{102} \times 15 = 1574 \text{ грн..}$$

Визначення затрат на періодичну перевірку і налагоджування відповідного виробничого обладнання, на якому проводиться виготовлення проектного варіанту пристрою – мікропроцесора, проводиться по формулі:

$$Z_{III}^II = H_{III} \times Z_{III} \times T_c, \quad (6.27)$$

де  $H_{III}$  - кількість перевірок в рік,  $H_{III} = 1$ ;

$Z_{III}$  - величина затрат на одну перевірку, чи в справному стані знаходиться відповідне виробниче обладнання,  $Z_{III} = 100$  грн.

$$Z_{III}^II = 1 \times 100 \times 15 = 1500 \text{ грн..}$$

Величини поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби відповідних пристроїв, становитимуть:

$$Z_3^B = 1461,40 \text{ грн.}$$

$$Z_3^II = 800,50 \text{ грн.}$$

Разові затрати для використання і введення в роботу базового варіанту пристрою – регулятора Pг25 визначаються по формулі:

$$Z_{3АП}^B = C_{ПО} + B_{\delta}, \quad (6.28)$$

де  $C_{ПО}$  - оптова ціна пристрою – регулятора Рг25,  $C_{ПО} = 250$  грн.;

$B_{\delta}$  - витрати на доставку і монтаж,  $B_{\delta} = 500$  грн.

$$Z_{3АП}^B = 250 + 500 = 750 \text{ грн.}$$

Разові затрати для використання і введення в роботу проектного варіанту пристрою – мікропроцесора визначаються по формулі:

$$Z_{3АП}^П = C_{ПО}^П + B_{\delta}^П, \quad (6.29)$$

де  $C_{ПО}^П$  - оптова ціна пристрою – мікропроцесора,  $C_{ПО}^П = 80$  грн.;

$$Z_{3АП}^П = 80 + 500 = 580 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію базового пристрою за розрахунковий період визначаються по формулі:

$$Z_{СП}^B = (Z_{\delta}^B + Z_{3АП}^B) \times K_{ПР}, \quad (6.30)$$

де  $K_{ПР}$  - приведений коефіцієнт по затратах на експлуатацію певного керуючого пристрою,  $K_{ПР} = 1,5$ .

$$Z_{СП}^B = (750 + 1461,40) \times 1,5 = 2942 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію проектного пристрою за розрахунковий період визначаються по формулі:

$$Z_{СП}^П = (Z_{\delta}^П + Z_{3АП}^П) \times K_{ПР}, \quad (6.31)$$

$$Z_{СП}^П = (800,50 + 580) \times 1,5 = 1671 \text{ грн.}$$

## 6.6 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації нового пристрою

Економічний ефект від виготовлення і експлуатації пристрою за розрахунковий період складається із двох частин:

1. Економічний ефект від виготовлення нового пристрою.
2. Економічний ефект від експлуатації нового пристрою.

Економічний ефект від виготовлення нового пристрою визначається за

формулою:

$$E_B = (C_{\text{Л}} - Z_{\text{ПВР}}) - (C_{\text{ПО}} - Z_{\text{БВР}}), \quad (6.32)$$

де  $Z_{\text{ПВР}}$  - затрати на виготовлення нового пристрою,  $Z_{\text{ПВР}} = 18384,7$  грн.;

$Z_{\text{БВР}}$  - затрати на виготовлення замінюваного пристрою,  
 $Z_{\text{БВР}} = 20521,8$  грн.;

$C_{\text{Л}}$  - оптова ціна нового пристрою,  $C_{\text{Л}} = 80$  грн.;

$C_{\text{ПО}}$  - оптова ціна замінюваного пристрою,  $C_{\text{ПО}} = 250$  грн.

$$E_B = (80 - 18384,7) - (250 - 20521,8) = 1967,1 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від експлуатації нового пристрою визначається по формулі:

$$E_E = Z_{\text{енр}}^B \times \frac{t_2}{t_1} - Z_{\text{енр}}^П, \quad (6.33)$$

де  $Z_{\text{енр}}^B$  - затрати поточні і разові по експлуатації замінюваного пристрою,

$$Z_{\text{енр}}^B = 2211,4 \text{ грн.};$$

$Z_{\text{енр}}^П$  - затрати поточні і разові по експлуатації нового проектного пристрою,  $Z_{\text{енр}}^П = 1380,5$  грн.;

$t_1$  - термін служби замінюваного пристрою,  $t_1 = 15$  років;

$t_2$  - термін служби нового пристрою,  $t_2 = 15$  років.

$$E_E = 2211,4 \times \frac{15}{15} - 1380,5 = 830,9 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від виробництва і експлуатації автоматизованої системи визначається по формулі:

$$E_{BE} = E_B + E_E, \quad (6.34)$$

$$E_{BE} = 1967,1 + 830,9 = 2798 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності розробленого пристрою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{Л}}}{E_E} \times 10 = \frac{80}{830,9} \times 10 = 0,96 \text{ року}$$

Отже, термін окупності автоматизованої системи складе 0,96 року.

В даній дипломній роботі проведено удосконалення автоматизованої системи керування котлом «Факел-Г». При розробці системи керування проводився аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації процесу контролю за процесом роботи котла, проведено економічний розрахунок по визначенню економічного ефекту від виробництва і експлуатації проектованого пристрою – мікропроцесора.

## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1 Заходи з охорони праці**

#### **7.1.1 Пожежна профілактика в котельні**

Пожежі в котельнях сприяють великій небезпеці для працюючих і можуть спричинити великі матеріальні збитки. Пожежна безпека забезпечується мірами пожежної профілактики.

Виникнення пожеж в приміщеннях, особливо розповсюдження в них полум'я особливо залежить від того, з яких конструкцій і матеріалів вони виготовлені, які їхні розміри і їх планування. У відповідності до СНіП всі будівельні конструкції по запалюваності поділяються на три групи:

1. Незаймисті, які під дією вогню або високих температур не розпалюються і не обвуглюються (до них відносяться багато металів і матеріалів мінерального походження).
2. Важкозаймисті, які можуть запалюватись і продовжувати горіти тільки при дії стороннього джерела запалювання (до них відносяться, наприклад, конструкції із дерева, просочені або покриті вогнезахисними складниками).
3. Займисті, які можуть самостійно горіти після ліквідації джерела запалювання (до них відносяться багато пластичних матеріалів, в тому числі застосовуваних у будівництві).

Займистість будівельних конструкцій визначається, як правило, займистістю матеріалів. З яких вони виготовлені. Можливість конструкції опиратись дії пожежі на протязі певного часу, називається вогнестійкістю.

Підвищити вогнестійкість приміщень в котельні можна облицюванням або штукатуренням будівельних конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, які володіють мінімальною вагою і мінімальним коефіцієнтом теплопровідності. Так, при облицюванні сталюї колони гіпсовими плитами товщиною 6 мм межа вогнестійкості підвищується з 0,25 до

3,32. Використовуються фарби, які в умовах звичайної експлуатації захищають металічні конструкції від корозії, а при пожежі коробляться і в результаті збільшення їх термічного опору підвищують межу вогнестійкості.

Велике значення має захист дерев'яних конструкцій, так як при нагріванні їх поверхні до 270-280<sup>0</sup>С вони спалахують полум'ям і продовжують горіти самостійно. Із існуючих видів штукатурки перевага надається вапно-цементній товщиною 20 мм, азбесто-цементній або гіпсовій. Захищені такою штукатуркою дерев'яні конструкції відносяться до важкозаймистих.

Другим ефективним видом вогнезахисної обробки деревини являється просочування антипіреном. Антипірен являють собою хімічні сполуки, призначені для надавання деревині негорючості, такі, наприклад, як фосфорнокислий амоній  $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ , сіркокислий амоній  $(\text{NH})_2\text{SO}$ . Найбільший ефект досягається. Якщо деревина ввібрала антипіренів до 75 кг/м<sup>3</sup>. Таке просочування називається глибоким і виконується в спеціально призначених для цієї мети установках.

Для попередження розповсюдження пожежі з одного приміщення котельні вдруге, використовуються протипожежні заходи: брандмауери, протипожежні покриття і двері, водяні завіси, протипожежні ділянки. Брандмауером називається глуха незгоряюча стіна з межею вогнестійкості не менше 2,52, яка перетинає всі важко займисті і займисті елементи приміщення. Ця стіна опирається безпосередньо на фундамент і підвищується на 60 см над дахом. При цьому конвективні потоки відхиляються на висоту, яка безпечна для горіння ділянки даху, який знаходиться за брандмауером. Схема такого пристрою протипожежної стіни – брандмауера приведена на рисунку 7.1.

Як правило, в брандмауерах і в других протипожежних перегородках пройоми не роблять. Якщо по умовах технологічного процесу (транспортування матеріалів і готових виробів) пройоми необхідні, то їх захищають незаймистими або важкозаймистими дверима, воротами.

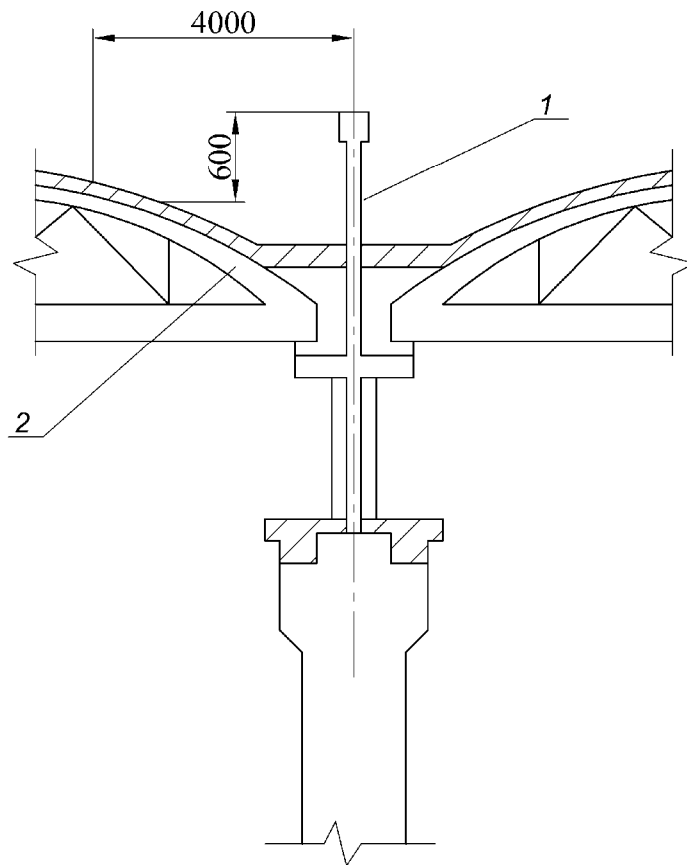


Рисунок 7.1 – Схема пристрою – брандмауера  
(1 – брандмауер; 2 - ферми)

Коли по умовах технологічного процесу конструкція брандмауерів неможлива, тоді важкозаймисті і займисті покриття і стіни розділяють на ділянки при допомозі об'ємних просторових елементів для того, щоб обмежити розповсюдження вогню в площині покриття і всередині приміщень.

Протипожежна ділянка являє собою незгоряему смугу покриття шириною 6 м, яка перетинає приміщення по всій його ширині або довжині. Межа вогнестійкості несучих конструкцій протипожежних ділянок повинна складати 42, а покриття 22. Для попередження проникнення вогню всередину приміщень, конструкцію протипожежної ділянки, як правило, суміщають з водяними завісами.

При проектуванні котельні необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути приміщення на протязі мінімального часу, який визначається

коротшою відстанню від місця їх знаходження до виходу з котельні. На шляхах евакуації не допустима побудова гвинтових драбин та інших перепон, які можуть викликати падіння людей. Кількість евакуаційних виходів з котельні потрібно як правило проектувати, як правило, не менше двох.

Як правило, виникнення пожеж в приміщеннях супроводжується виділенням великої кількості диму. Він затемнює приміщення і утруднює умови евакуації та гасіння пожежі. Виділення газів і диму з палаючих приміщень проводиться через віконні рами, а також за допомогою спеціальних димових люків, легкоскидуваних конструкцій. Пристрій димового люка приведений на рисунку 7.2.

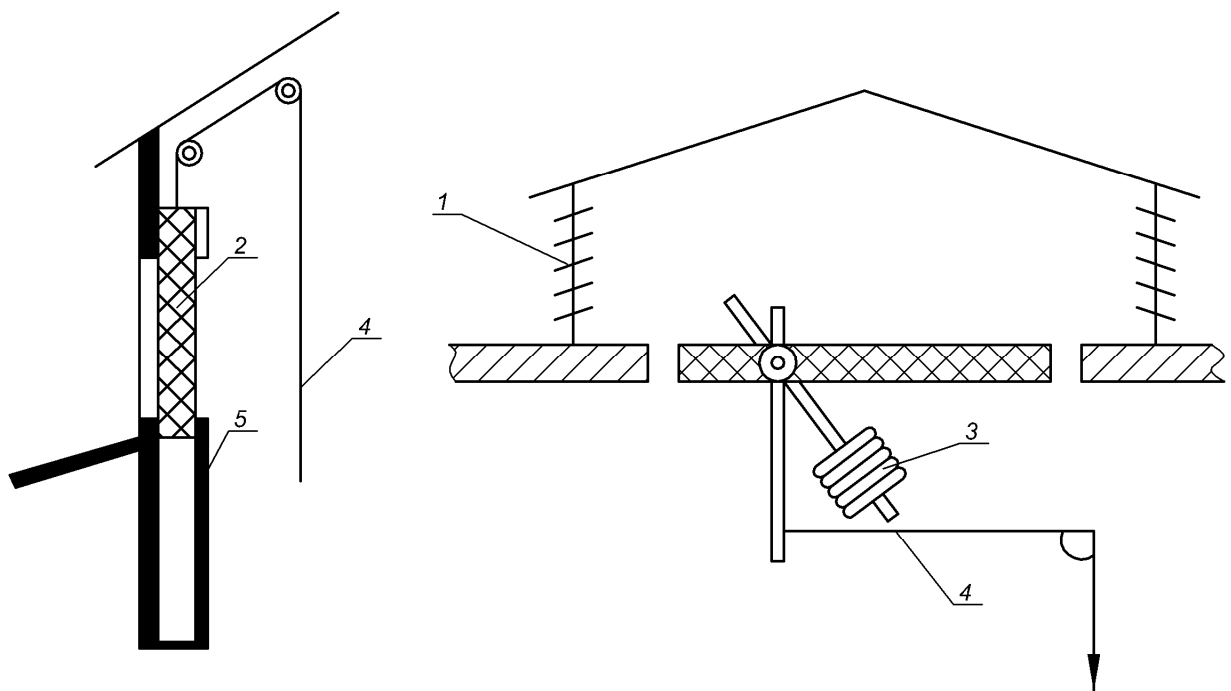


Рисунок 7.2 – Будова димового люка

(1 – люки; 2 – засувка; 3 – противага; 4 – важіль; 5 - направляюча)

Димові люки призначені для видалення продуктів горіння, забезпечення незадимленості суміжних приміщень і керування процесом горіння при пожежах (з метою надавання поширенню полум'я потрібного напрямку). Димові люки встановлюють у підвальних приміщеннях. Легкоскидувані



конструкції використовують для видалення продуктів горіння при вибуху з метою зниження тиску до величини, безпечної для міцності та стійкості будівельних конструкцій. Легкоскидувані конструкції являють собою елементи зовнішніх стін і покриттів.

При можливих виникненнях пожеж в котельнях використовується наступне обладнання: дренчерні установки, вогнегасники різних видів. Дренчерні установки представляють собою систему трубопроводів, на яких розміщені спеціальні головки – дренчери з діаметром відкритих вихідних отворів 8, 10, 12,7 мм, лопатевого виду, розраховані на скроплювання водою не більше 12 м<sup>2</sup> площі підлоги. Дренчерний розпилювач з повздовжніми щілинами дозволяє рівномірно скропити водою 210 м<sup>2</sup> площі підлоги, якщо він розміщений на висоті 5,2 м; розпилювач з гвинтовими щілинами дає можливість отримати розпилену воду більш мілкої дисперсії. Дренчери встановлюють як для гасіння пожеж, так і для створення водяних завіс з метою ізоляції початку появи пожежі і запобігання її розповсюдженню.

При гасінні пожеж газами і парою випростовують двоокис вуглецю, димові або відпрацьовані гази, пару, а також аргон та інші гази. Вогнегасна дія названих складників базується на розбавленні повітря і в зниженні в ньому вмісту кисню до концентрації, при якій припиняється горіння. Вогнегасний ефект при розбавленні вказаними газами обумовлюється втратами тепла на нагрівання змішувачів і зниженню теплового ефекту реакції. Особливе місце серед вогнегасних складників займає двоокис вуглецю (вуглекислий газ). Вуглекислотні вогнегасники ОУ-5, ОУ-8, УП-2М застосовують для гасіння котлів, електрообладнання в котельні.

В останні роки в якості засобів гасіння пожеж використовують порошкові складники на основі неорганічних солей. Порошкові складники являються єдиним засобом гасіння пожеж металоорганічних з'єднань. Найбільш широко використовуються порошкові складники на основі карбонатів і бікарбонатів натрію, калію. Установки гасіння пожеж порошковими складниками можуть бути стаціонарними (з ручним,

дистанційним та автоматичним включенням) і також пересувними (автомашини порошкового гасіння, вогнегасники ОПС-10, ОППС-100, СІ-120). Стаціонарні установки порошкового гасіння монтують безпосередньо в котельних приміщеннях.

### **7.1.2 Перша допомога людині при ураженні електричним струмом**

В результаті ураження людини електричним струмом можуть виникнути різні порушення в організмі, а також повна зупинка діяльності органів дихання.

Проходячи через організм людини, електричний струм приводить до термічної, електролітичної і біологічної дії. Термічна дія виражається в опіках окремих ділянок тіла, нагрівання кровоносних судин. Електролітична дія виражається у розкладанні крові та інших органічних рідин і викликає порушення їх фізико-хімічних властивостей. Біологічна дія являється особливо специфічним процесом який можливий лише для живої тканини. Вона виражається в подразненні та збудженні живих клітин організму, що супроводжується невимушеними спазматичними скороченнями м'язів, особливо м'язів серця і легень. Подразнююча дія струму на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах і рефлекторною, через центральну нервову систему, коли шлях струму лежить не через ці тканини.

Перша долі карська допомога при нещасних випадках від дії електричного струму складається із двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму і надання йому медичної допомоги. Звільнення потерпілого від дії електричного струму може бути здійснена декількома способами. Найбільш простий і вірний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. При напрузі більше 1000 В потрібно використовувати діелектричні рукавиці, гумове взуття і, в необхідних випадках, ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі.

Міри першої медичної допомоги потерпілому від дії електричного струму залежать від його стану. Якщо потерпілий при свідомості, але довгий час знаходився під дією електричного струму, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря, або швидко доставити його в лікарню.

При відсутності свідомості, але при збереженому диханні потрібно положити потерпілого на рівну м'яку підстилку, розстібнути пояс і одягу, забезпечити надходження свіжого повітря. При відсутності проявів життєдіяльності необхідно проводити штучне дихання і масаж серця.

Штучне дихання має бути почато терміново після звільнення потерпілого від дії струму і виявлення його стану. Воно повинно проходити методами відомими під назвою «із рота в рот» і «з рота в ніс». Ці методи визначаються в тому, що надаючий допомогу вдуває повітря із своїх легень в легені потерпілого через його рот, або через ніс. При такому способі потерпілого вкладають на спину і для розкриття горла допомагаючий закидає голову потерпілого назад, поклавши під його потилицю одну руку, а другою натискаючи на лоб або на тім'я потерпілого до такого ступеня, щоб підборіддя було розміщене на одній лінії з шиєю. Після цього допомагаючий робить глибокий вдих, і з вилою видихає повітря в рот потерпілому. При цьому він повинен захопити своїм ротом весь рот потерпілого і своїм обличчям затиснути йому ніс. Потім здійснюючий допомогу відхиляється назад і робить новий вдих. В цей період грудна клітка потерпілого опускається і він робить пасивне видихання.

В одну хвилину потрібно робити 10-12 вдихань. Вдихання повітря можна робити через марлю або через спеціальну трубочку. При появі в потерпілого самостійного дихання деякий час потрібно продовжувати штучне дихання до повного приведення потерпілого в свідомість.

Зовнішній масаж серця має на меті штучно підтримувати в організмі кровообертання і відновити діяльність серця.

Визначивши обмацуванням місце натискання. Яке повинно знаходитися приблизно на два пальці вище м'якого кінця грудини, здійснюючий допомогу

кладає на нього нижню частину долоні однієї руки, а потім поверхнево над першою рукою кладе під прямим кутом другу руку і натискує на грудну клітку, легко допомагаючи при цьому нахилом всього корпусу. Натискати потрібно приблизно один раз в секунду швидким натискуванням, так що нижня частина грудей перемістилася в сторону хребта на 3-4 см. А в повних людей – на 5-6 см.

Після швидкого натискування руки залишаються в досягнутому положенні приблизно на 0,5 с. Після цього здійснюючий допомогу повинен швидко випрямляючись розслабити руки, не віднімаючи їх від грудей.

Одночасно з масажем серця потрібно проводити штучне дихання (вдування). Вдування потрібно виконувати в проміжках між натискуванням або під час спеціальної перерви через кожні 4-5 натискувань.

Про наявність нормованої діяльності серця в потерпілого визначають при появі в нього самостійного, не підтримуваного масажем регулярного пульсу. Для перевірки пульсу необхідно перервати масаж на 2-3 с.

Кожен робітник перед початком самостійної роботи у відповідному цеху підприємства, повинен пройти навчання по безпечних методах роботи на робочому місці. Одночасно він повинен вивчити правила техніки безпеки, правила надавання першої медичної допомоги в об'ємі, який відповідає потребам його робочого місця.

Перевірка знань Правил техніки безпеки і відповідно правил надання першої медичної допомоги, проводиться кваліфікаційною комісією після навчання на робочому місці. При цьому перевіреному присвоюється відповідна його знанням та досвіду роботи кваліфікаційна група по техніці безпеки і видається спеціальний документ.

### **7.1.3 Характеристика котла з точки зору охорони праці**

Проекти котлів та їх елементів, а також проекти їх монтажу та реконструкції повинні виконуватися спеціалізованими проектними організаціями, які мають дозвіл органів Держпожнадзора України на

проведення відповідних робіт. Конструкція котла і його головних частин повинна забезпечувати надійність, монтажно- та ремонтпридатність, довговічність і безпеку експлуатації.

При кожному котлі передбачаються прилади безпеки, які забезпечують своєчасне і надійне автоматичне відключення котла, або його елементів при недопустимих відхиленнях від заданих режимів експлуатації.

Парові котли з камерним спалюванням палива обладнуються автоматичними пристроями, які припиняють подачу палива до пальників при зниженні рівня, а для прямоточних котлів – витрати води через котел, нижче допустимого.

Водонагрівні котли з багатократною циркуляцією і камерним спалюванням палива повинні бути обладнані пристроями, які автоматично припиняють подачу палива до пальників, а з шаровим спалюванням палива – приладами, які відключають тяговодуйні пристрої при зниженні тиску води в системі до значення, при якому виникає небезпека гідравлічних ударів, і при підвищенні температури води вище встановленої межі.

Водонагрівні котли з камерним спалюванням палива обладнуються автоматичними пристроями, які припиняють подачу палива в пальник котла, а при шаровому спалюванні палива – відключають тягодуйні пристрої і паливоподаючі механізми топки у випадках:

1. Підвищення тиску води у вихідному колекторі котла більше ніж на 5% розрахункового або дозволеного тиску.
2. Пониження тиску води у колекторі котла до значення, яке відповідає тиску насичення при максимальній температурі води на виході із котла.
3. Підвищення температури води на виході із котла до значення, вказаного заводом – виготовлювачем.

На котлах встановлюються автоматично діючі звукові сигналізатори верхнього і нижнього граничних рівнів води. Аналогічна сигналізація повинна виконуватись на всі параметри, при яких вимагає зупинку котла техніка

безпеки.

Парові і водонагрівні котли при камерному спалюванні полива повинні бути обладнані автоматичними пристроями для припинення подачі палива в топку в наступних випадках:

- згасання факелу в топці;
- відключення димососу;
- відключення надувного вентилятора.

На котлах з пальниками, обладнаними індивідуальними вентиляторами, повинен бути захист. Який припиняє подачу палива до пальника при зупинці вентилятора.

Парові котли з температурою пари на виході із головного, або проміжного пароперегрівача більше 400<sup>0</sup>С повинні бути обладнані автоматичними пристроями регулювання температури води.

Керівництво підприємства повинно забезпечити утримання котлів в справному стані і безпечні умови їх експлуатації шляхом організації належного обслуговування. Відповідальна особа за справний стан і безпечну експлуатацію, повинна забезпечити:

1. Утримання котлів в справному стані.
2. Проведення своєчасного планово-попереджувального ремонту котлів і підготовку їх до технічного контролю.
3. Своєчасне усунення виявлених несправностей.
4. Обслуговування котлів персоналом, який пройшов навчання і атестацію.
5. Забезпечення персоналу інструкціями, а також періодичну перевірку знань цих інструкцій.

Експлуатація котлів проводиться згідно «Правил будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів». До обслуговування котлів можуть бути допущені особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання, атестацію і мають посвідчення на право обслуговування котлів.

## **7.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях**

### **7.2.1 Класифікація та види захисних споруд, системи їх життєзабезпечення**

Надійна робота підприємств в умовах воєнного часу нерозривно пов'язана із захистом працюючих, службовців 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'єкті для працюючої зміни і протирадіаційних сховищ в замській зоні для відпочиваючої зміни і членів сімей працюючих і службовців; планування і виконання підготовчих робіт по будівництву на об'єкті швидко споруджуваних сховищ і ПРУ в замській зоні; підтримання в готовності захисних споруд і організація обслуговування сховищ; навчання працюючих і службовців способам захисту від ЗМУ і діям за сигналами повідомлення ЦО; планування і підготовка до розосередження і евакуації в замську зону виробничого персоналу і членів сімей; накопичення, зберігання і підтримання у готовності засобів індивідуального захисту.

Основні заходи: приведення захисних споруд в готовність для використання по прямому призначенню; розосередження і евакуація працюючих, службовців і членів їх сімей в замську зону; видача працюючим і службовцям засобів індивідуального захисту; будова швидко споруджуваних сховищ на об'єкті і ПРУ в замській зоні, пристосування під ПРУ підвалів, шахт заглиблених споруд.[10]

Захисні споруди призначені для захисту людей від наслідків аварій (катастроф), стихійних лих, а також від уражаючих факторів ЗМЗ та звичайних засобів нападу дії вторинних уражаючих факторів. Захисні споруди поділяються за:

місткістю:

- малої місткості (150—600 осіб);
- середньої місткості (600—2000 осіб);

— великої місткості (більше 2000 осіб);

призначенням:

— для захисту населення;

— для розміщення органів управління (КП, ПУ, ВЗ) і медичних установ;

місцем розташуванням:

— вбудовані;

— окремо стоячі;

— метрополітени;

— у гірських виробках. термінами будівництва:

— збудовані завчасно;

— швидкозбудовані.

захисними властивостями:

— сховища;

— протирадіаційні укриття (ПРУ);

— найпростіші укриття - щілини (відкриті та перекриті).

Сховища забезпечують надійний захист людей від уражаючих факторів (високих температур, шкідливих газів у зонах пожеж, вибухонебезпечних, радіоактивних і сильнодіючих отруйних речовин, обвалів та уламків зруйнованих будівель і споруд та інше), а також ЗМЗ і звичайних засобів нападу.

## **7.2.2 Протирадіаційні укриття**

Протирадіаційні укриття, в основному, забезпечують захист людей від радіоактивного зараження. світлового опромінення, а також зменшують дію ударної хвилі і проникаючої радіації. Крім того, вони захищають від крапельнорідинних отруйних речовин і частково від хімічних та біологічних аерозолей.



Найпростіші укриття зменшують радіуси ураження людей ударною хвилею, послаблюють дію радіоактивних випромінювань та ураження світловим випромінюванням.

Сховища за своїми захисними властивостями поділяються на чотири класи:

Табл. 7.1 Класи сховищ

Тип	A-I	A-II	A-III	A-IV
ДРФ (кг/см <sup>2</sup> )	5 та більше	3	2	1
Кз (осл.)	5000 та більше	3000	2000	1000

При класифікації враховуються дві характеристики:

— ступінь захисту від надлишкового тиску ( $P$ , кг/см<sup>2</sup>), який залежить від міцності будівельних конструкцій;

— коефіцієнт захисту (ослаблення) за радіоактивним випромінюванням  $K_z$  (Косл.) показує в скільки разів рівень радіації у захисній споруді менший, ніж ззовні. Він залежить від шару і властивостей матеріалу, що вкриває захисну споруду.

Здатність будівельного матеріалу ослаблювати потік радіоактивних випромінювань характеризується товщиною шару половинного послаблення матеріалу - тобто такого, що зменшує інтенсивність радіоактивних випромінювань у два рази. Для різних матеріалів ця характеристика різна.

Табл. 7.2 Товщина шару половинного послаблення будівельних матеріалів

Матеріал	Свинець	Сталь	Бетон	Грунт	Цегла	Деревина
Шар половинного послаблення	1.3—1.8	1,8—3,0	5—6	8—14	12—13	20—40

За шаром половинного ослаблення можна визначити коефіцієнт ослаблення для будь-якої споруди.

$$K_{осл} = 2^{h/d_{пол}} \quad (7.1)$$

де  $h$  — товщина захисного шару матеріалу (см);

$d_{пол}$  — шар половинного ослаблення (см).

ПРУ оцінюються за коефіцієнтом захисту поділяються на групи, що представлені в табл. 7.3

Таблиця 7.3 Види протирадіоаційних укриттів за захисними властивостями

Тип	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	Зона АЕС		
								П-8	П-9	П-10
ДРФ	0,2	—	0,2	—	—	—	—	0,2	0,2	—
Кз (осл)	200	200	100	100	50	20	10	1000	500	500

Сховища повинні будуватися з урахуванням наступних основних вимог:

- забезпечувати безперервне перебування в них людей не менше 2 діб;
- будуватися на ділянках, які не можуть бути затоплені;
- бути на відстані від мереж водостоку і каналізації;
- не дозволяється прокладання транзитних інженерних комунікацій через сховище (стислого повітря, гарячого водопостачання, газо- та паропроводів);
- прокладання трубопроводів каналізації та водопостачання допускається при наявності вимикаючих пристроїв;
- мати входи і виходи з тим ступенем захисту, що й основні приміщення, а на випадок завалу — мати аварійний вихід.

Сховище має основні та допоміжні приміщення.

До основних відносяться:

- приміщення для захищених;
- пункти управління;
- медичні кімнати.

До допоміжних відносяться:

- тамбур-шлюзи;
- фільтровентиляційні приміщення;
- санітарні вузли;
- приміщення для зберігання води та продуктів харчування та інші.

Приміщення обладнується місцями для сидіння та сання згідно з наступними нормами.

Табл. 7.4 - Норми обладнання місцями для сидіння.

Кількість ярусів	Норми площі, м <sup>2</sup>	Висота приміщення		Кількість ліжок	Висота яруса, м
		сховища	ПРУ		
1	0,6	1,85—2,15	1,7—1,9	15	0,45
2	0,5	2,15—2,8	2,2—2,4	20	1,4
3	0,4	2,8—3,5	2,8—3,0	30	2,15

Розмір місця для сидіння 0,45x0,45 м, для лежання —0,55x1,8 м. Відстань до стелі від верхнього ярусу на менше — 0,75 м.

Пункт управління (ПУ). Передбачається на ОГД з найбільшою працюючою зміною (НПЗ) не менше 600 осіб. Обладнується він в одному зі сховищ. Кількість працюючих на ПУ не перевищує 10 осіб, при цьому на одного працюючого передбачається  $S_n = 2 \text{ м}^2$ .

На об'єктах, де НПЗ менше 600 осіб, окреме приміщення для ПУ не передбачається. У приміщенні для захищених, в одному зі сховищ, встановлюється телефон для зв'язку з місцевим штабом ЦО.

Медичний пункт. У сховищах місткістю 800—1200 осіб передбачається кімната  $S_n = 9 \text{ м}^2$  і додатково  $1 \text{ м}^2$  на кожні 100 осіб. У захисних спорудах, де медична кімната не передбачається, на кожні 500 захищених обладнується 1 санітарний пост  $S_n = 2 \text{ м}^2$ , але не менше одного на сховище. В сховищах у необхідній кількості розміщуються обладнання, меблі, прилади, інструменти, ремонтні матеріали, протипожежне і медичне майно.

Входи повинні забезпечувати можливість швидкого та безпечного заповнення сховища. Кожне сховище повинно мати не менше двох входів, один з яких обладнується як аварійний. У сховищах місткістю більше 300 осіб передбачається тамбур-шлюз, з місткістю більше 600 осіб — двокамерний тамбур-шлюз. Площа тамбур-шлюза 8—10 м<sup>2</sup>.

Аварійний вихід для вбудованих укрить обладнується підземною галереєю (0,5x1,3) яка виходить на територію, що потенційно не завалюється уламками будівель ( $R=0,5h_{\text{буд}}+3$  м) та обладнується оголовками.

Система постачання повітря забезпечує вентиляцію приміщень захисної споруди та очистку зовнішнього повітря від радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів. До її складу входять: оголовки, повітрязабірні та противибухові пристрої, а також предфільтри, фільтри, вентилятори, гермоклапани, і пристрої регенерації кондиціонування повітря.

Фільтро-вентиляційні пристрої (ФВП) розміщують у окремому приміщенні. В невеликих сховищах (до 300 осіб) ФВП можуть розміщуватися безпосередньо у приміщенні для захищених.

Постачання повітря у сховища за допомогою фільтровентиляційних систем може здійснюватися за режимом чистої вентиляції (режим 1), коли повітря очищується тільки від пилу за допомогою протипилових фільтрів, при цьому кількість наданого у сховище повітря (Q) приймається 8—13 м<sup>3</sup>/год./чол. – 40год. (для лікарняних закладів K=1,5), або в режимі фільтровентиляції (режим 2), але при цьому:

— для захищених  $Q = 2$  м<sup>3</sup>/год./чол. - 12 год.

— для ПУ  $Q = 5$  м<sup>3</sup>/год./чол.

— для хворих, яких не можна перевозити  $Q=10$ м<sup>3</sup>/год./чол.

У місцях сховищ, де можлива загазованість приземного шару повітря СДОР і продуктами горіння, слід передбачити режим ізоляції і регенерації внутрішнього повітря (режим 3) з утворенням підпору. Для цього використовуються регенераційна установка для поглинення СО і балони з киснем.

Вентиляційна система повинна забезпечувати наступні параметри навколишнього середовища:

Таблиця 7.5 - Параметри навколишнього середовища

Параметри	Норма	Критичні
Температура	0—30°C	34°
Кисень	17%	14%
Двуокис вуглецю (CO)	3%	5%
Окис вуглецю ССО)	до 30 мг/м <sup>3</sup>	1000 мг/м <sup>3</sup>

Водопостачання і каналізація здійснюється від зовнішньої мережі. Норма при діючій мережі 2л/год./чол., але не більше 25л/добу. За відсутності водопроводу передбачається запас питної води на три доби при нормі 3 л/доб./чол. у ПРУ — 2л/доб./чол.

Каналізація самотічна, або з перекачуванням у загальну систему. Санітарні вузли будуються окремо для чоловіків та жінок за нормами: 1 чаша на 75 жінок (150 чоловіків), умивальник на 200 осіб. При виході з ладу водопроводу санітарні прилади вимикаються, а для збору фекалій передбачаються резервуари з розрахунку 2 л/доб./чол., а для сухих відходів — 1 л/доб./чол. При наявності ДЕС передбачається запас води (4 м<sup>3</sup>) на випадок пожежі.

Електропостачання та опалення здійснюється від зовнішніх джерел постачання. Для аварійного забезпечення великих захисних споруд передбачається ДЕС, які повинні розміщуватися в окремих приміщеннях та відокремлюються від основних приміщень незгораючою стінкою. У невеликих захисних спорудах передбачається аварійне освітлення від переносних електричних ліхтарів та інших джерел.

Опалення проектується від загальної системи опалення. У неопалювальних приміщеннях слід передбачити установку опалювальних засобів. При заповненні сховища системи опалення вимикаються.

Запас харчів. У сховищах передбачається на 2 доби, виходячи з норми:

— сухарі — 300 г;

— консерви — 170 г (м'ясні), або 200 г (м'ясо-рослинні), або 250 г (рибні);

— цукор — 50 г.

Для розміщення продуктів обладнується приміщення  $S=5\text{м}^2$  у захисних спорудах до 150 осіб, плюс  $3\text{м}^2$  на кожні наступні 150 осіб. На 600 осіб передбачається одне приміщення. У протирадіаційних укриттях при вході передбачається приміщення для зберігання забрудненого одягу з нормою площі  $S = 0,07$  м/чол. У ПРУ місткістю до 50 осіб допускається обладнання вішалок за шторою.

### **Швидкостпурджувані укриття.**

При недостатній місткості завчасно побудованих укритть будуються швидкостпурджувані. У них теж передбачаються приміщення для захисту, простіше фільтровентиляційне обладнання, санвузли, запаси води. Для будівлі швидкостпурджуваних укритть використовується залізо-бетон, елементи підземних колекторів. Будівлю таких споруд планують завчасно стосовно до умов того чи іншого об'єкта. Для цього необхідно мати відповідну документацію. Типове швидкостпурджуване сховище будується за 24 години.

### **Пристосування приміщень під захисні споруди.**

Під укриття можуть також пристосовуватися різні приміщення та споруди.

У сучасних містах є багато підземних споруд різного призначення, які можна використати як сховище після деякого дообладнання. До них відносяться метрополітени, транспортні і пішохідні тунелі, заглиблені частини будівель.

У заміській зоні під протирадіаційні укриття в першу чергу пристосовуються підвали житлових будинків та будівель різного призначення, овочесховища, приміщення будинків, природні печери, гірські виробки.

При пристосуванні споруд різного характеру під укриття проводиться три види робіт:

- герметизація приміщень для зменшення попадання туди радіоактивного пилю. Для цього замазують глиною тріщини, герметизують двері, вікна за допомогою гуми, поліетиленової плівки тощо;
- посилення захисних властивостей споруди. Цього можна досягнути розміщенням на перекриттях додаткового шару ґрунту, або обкладання стін мішками із землею;
- влаштування найпростішої вентиляції. Як правило, у зв'язку з відсутністю промислових вентиляторів, у спорудах обладнують природну (самотічну) вентиляцію. При цьому витяжний короб повинен бути встановлений на 1,5—2 м вище за припливний.

Найпростіші укриття будуються у місцях скупчення людей, на маршрутах евакуації та тимчасово в заміській зоні, коли кількість наявних сховищ не забезпечує потрібну кількість людей, а оскільки найпростіші укриття лише зменшують радіус ураження людей ударною хвилею і послаблюють дію радіоактивного випромінювання та ураження світловим випромінюванням, але не забезпечують захист від отруйних речовин та бактеріальних засобів, то при наявності часу вони поступово переобладнуються у ПРУ.

Захисна споруда повинна завжди знаходитися у готовності до прийому людей. Поняття готовності захисної споруди включає в себе комплекс вимог, яким повинні відповідати сучасні сховища і укриття для забезпечення захисту людей.

Найважливішими з цих вимог є:

- цілісність конструкцій та обладнання;
- надійна герметизація споруд і наявність систем повітропостачання;

- оснащення сховищ і укрить санітарно-технічним і іншим обладнанням, контрольно-вимірювальними приладами, забезпеченість запасами води;
- справність систем внутрішнього обладнання, приладів і пристроїв, наявність потрібного оснащення, інвентаря, інструкцій та іншої документації з експлуатації та інше;
- підготовленість обслуговуючого персоналу;
- належний санітарний стан приміщень.

Організація підтримання захисних споруд (ЗС) у готовності до використання і контроль за правильною їх експлуатацією здійснюється службою сховищ і укрить об'єкта, міста, району або області. Утримання і експлуатація споруд здійснюється групами або ланками з обслуговування ЗС. Групи і ланки з обслуговування ЗС утворюються окремо для кожної працюючої зміни з робітників та службовців, які укриваються в даній ЗС.

Залежно від місткості і наявних можливостей у кожному сховищі повинен бути лікар або медична сестра з складу медичного персоналу об'єкта або найближчих медичних установ.

Перелік обладнання, меблів, приладів, інструментів та іншого майна передбачається в "Інструкції з експлуатації захисних споруд цивільної оборони у воєнний час".

Кожна захисна споруда повинна забезпечуватися відповідною експлуатаційною документацією:

- паспорт захисної споруди;
- витяг з "Інструкції з експлуатації ЗС у воєнний час";
- журнал перевірки стану ЗС;
- план-захисної споруди;
- перелік обладнання, інструментів і майна;
- сигнали оповіщення цивільної оборони;
- список телефонів;
- план переводу ЗС приміщень у режим сховища;



- список особового складу групи (ланки) з обслуговування захисної споруди;
- обов'язки ланок (постів), розробляємо згідно з пунктом 89 “Інструкції...”;
- експлуатаційна схема систем вентиляції захисної споруди;
- експлуатаційна схема водопостачання і каналізації захисної споруди;
- експлуатаційна схема електропостачання захисної споруди;
- інструкція з обслуговування ДЕС;
- інструкція з обслуговування фільтровентиляційного обладнання;
- інструкція з техніки безпеки при обслуговуванні обладнання;
- інструкція з експлуатації засобів індивідуального захисту;
- журнал реєстрації показників мікроклімату та газового складу повітря у захисній споруді;
- таблиці прогнозування терміну перебування в захисній споруді залежно від параметрів повітряного середовища;
- журнал обліку звернень за медичною допомогою;
- схема евакуації захищених із ЗС.

Коли захисні споруди не використовуються за своїм призначенням, вони можуть використовуватись для потреб господарства як:

- санітарно-побутові приміщення (гардероби);
- навчальні класи;
- виробничі приміщення;
- склади;
- приміщення для чергових електриків, зв'язківців та інших;
- приміщення для побутового обслуговування населення;
- спортивні зали.

Використання захисних споруд не за призначенням не повинно порушувати захисні властивості споруди. Для цього забороняється демонтаж обладнання ЗС, перепланування приміщень, улаштування дірок та проїомів в огорожувальних конструкціях та інші порушення захисних властивостей і

герметизації. Всі приміщення повинні бути сухими, регулярно провітрюватись. Захисно-герметичні двері повинні бути відкритими, знаходитись на підставках. Повинна забезпечуватись придатність ЗС до приведення у готовність (24 год.).

З 1 лютого 1996 року введена в дію “Інструкція про порядок проведення перевірки та оцінки стану ЦО, міністерств, відомств, областей, міст, районів, підприємств, установ, організацій”.

Основними показниками щодо оцінки стану інженерного захисту є:

- забезпеченість укриття у сховищах найбільшої працюючої зміни підприємства, установи, організації, що продовжує виробничу діяльність у воєнний час;
- підтримання у готовності до використання захисних споруд;
- комплексне освоєння підземного простору міст та Інших населених пунктів для розміщення підприємств, установ і організацій соціально-побутового, виробничого і господарського призначення (з урахуванням пристосування і використання частин приміщень для укриття населення у надзвичайних ситуаціях);
- завчасне будівництво ЗС;
- обстеження і облік підземних і наземних будівель і споруд, що відповідають вимогам захисту населення;
- дообладнання з урахуванням реальної обстановки підвальных та інших захисних приміщень;
- забезпеченість сховищами нетранспортабельних хворих в лікарнях, що розташовані в містах, віднесених до груп з цивільної оборони.

При цьому готовність стану інженерного захисту оцінюється: “готові”, “обмежено готові”, “не готові”.[11]

### **9.3 Висновки**

На стійкість функціонування котельні в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори: надійність захисту працюючих і службовців від наслідків стихійних бід, аварій (катастроф), а також впливу первинних і

вторинних уражаючих факторів ядерного вибуху та інших сучасних засобів нападу; здатність інженерно-технічного комплексу заводу протистояти в певній мірі цим взаємодіям; надійність системи постачання заводу всім необхідним для виробництва продукції; стійкість і безперервність керування виробництвом і ЦО. Перераховані фактори визначають і основні величини до стійкого функціонування котельні в умовах надзвичайних ситуацій і шляхи його підвищення [12].

## 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Науково-технічний прогрес різко ускладнив взаємовідносини людини з навколишнім природним середовищем, вже суттєві непередбачені, і в багатьох випадках необоротні зміни в економічній системі. Ці зміни поширюються на повітряний басейн, водойми, ґрунт, лісові масиви. Тому захист навколишнього середовища сьогодні надзвичайно актуальний.

Гостра проблема у взаємовідносинах між людиною і навколишнім природним середовищем виникла у зв'язку з науково-технічним прогресом. Виникли нові виробництва: машинобудування, ядерна енергетика, радіоелектроніка, автомобільна, авіаційна, хімічна та медична промисловість, в яких створюються нові матеріали:

Кожна досягнута в природі зміна може призвести до нових взаємозв'язків природи і людини, які можуть мати непередбачені наслідки. Стрімке зростання обсягу перероблюваних природних ресурсів спричинило відповідне збільшення виробничих та споживчих відходів. Технічний прогрес суттєво змінив переміщення енергії та речовин у біосфері, порушивши її рівновагу.

Біосфера має великі ресурси, які дають змогу підтримувати стан рівноваги речовин та енергії. Проте ці ресурси обмежені, зазначений баланс може порушуватися, що призведе до екологічної катастрофи. Щоб уникнути цього, потрібно підтримувати встановлені пропорції між всіма елементами і ланками біосфери, яка складалась протягом тисячоліть.

Внаслідок дії вулканів, гарячих джерел, спалювання горючих матеріалів, в атмосферу виділяється вуглекислий газ. В останні роки його вміст збільшується в

атмосфері, що може привести до глобального підвищення температури на Землі, аж до самого танення льодовиків та криги.

В індустриальних центрах у повітряний басейн надходить велика кількість вугільного пилу, оксиду вуглецю, хлору, свинцю, миш'яку, сірководню, цинку, соляної кислоти, тощо. Через загазованість і забрудненість повітря великі міста дістають більше похмурих днів. Надзвичайно шкідливий сірчаний газ. В першу чергу від нього потерпають люди похилого віку, а також особи, які страждають захворюваннями серцево-судинної системи та органів дихання.

Найбільше значення для фауни кисень та вуглекислий газ. Газова оболонка крім виконання і підтримання біологічних процесів, захищає Землю від перенагрівання та переохолодження.

Розвиток цивілізації привів до надзвичайного забруднення атмосфери. Основне джерело забруднення – продукти горіння, внаслідок чого водень та вуглець палива з'єднуються з киснем повітря. Під час горіння виділяються теплота та світло, вуглекислий газ і водяні пари. Утворюються також побічні продукти: оксид вуглецю, оксид сірки, незгорілі вуглеводні тверді частинки, тощо.

Джерела забруднення, породжені діяльністю людиною, сконцентровані, що спричинює забруднення в атмосфері і порушує кругообіг речовин в природі.

Економія палива, енергії, а також і раціональне їх використання – це не тільки об'єктивна необхідність для людини, але й значний фактор, що зменшує шкідливий вплив людини на навколишнє середовище.

## **8.2 Забруднення довкілля, що виникають в результаті роботи водогрійних котлів**

Для виробництва теплової енергії використовуються водогрійні котли. При згорянні різного палива, поряд з основними продуктами згорання ( $\text{CO}_2$ ,

$H_2O$  і  $N_2$ ), в атмосферу поступають забруднюючі тверді (попіл та сажа), а також газоподібні токсичні речовини, а саме сірчаний і сірчистий ангідриди ( $SO_2$  і  $SO_3$ ), окиси азоту ( $NO$  і  $NO_2$ ). У випадку неповного згоряння палива в топках вихідні гази можуть мати окис вуглецю  $CO$ .

Всі продукти неповного згоряння являються шкідливими, але при сучасній техніці спалювання палива їх утворення можна усунути, або звести до мінімуму. Це відноситься і до вмісту окислів азоту у вихідних газах. Із всіх окислів азоту найбільш часто в димових газах утримується окис  $NO$  і двоокис  $NO_2$ . Викид сіркових сполук ( $SO_2$  і  $SO_3$ ) визначається величиною вмісту сірки в паливі.

Добиватися допустимих концентрацій сіркових та інших сполук в атмосфері можна тільки вибором необхідної висоти димової труби, яке забезпечує розсіювання залишків твердих частинок і шкідливих газів в атмосферу. Критерієм санітарної оцінки довкілля являється допустима концентрація (ПДК) шкідливих речовин в повітрі. Під ПДК слід розуміти таку концентрацію різних речовин і хімічних сполук, які на протязі довгого часу не викликають патологічних змін і захворювань. Дані допустимих концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі приведені в таблиці 8.1.

Санітарні норми запобігають прямій шкідливій дії на здоров'я людей, але не виключають можливість дії на довкілля. В зв'язку з цим розробляються норми обмеженого викиду шкідливих речовин в навколишнє середовище для всіх промислових підприємств, включаючи котельні і теплові станції.

В процесі вироблення теплової енергії в котельнях крім димових газів утворюються відходи стічної води. Вихід стічних вод з установок у водойми недопустимий із-за високого вмісту в ній солей.

Солеві викиди з установок мають вміст нейтральних солей, кислоти і луки, які не являються токсичними. Але ці викиди приводять до підвищення сольового вмісту водоймищ і зміни показника  $pH$ . Зі стічними водами викидаються також органічні речовини, які підвищують біохімічну потребу водоймища в кисні, тому такий викид цих вод у водоймище не допустимий.

Воду при показнику РН>9, потрібно направляти на нейтралізацію кислих стоків РПУ.

Таблиця 8.1 – Допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі

Забруднюючі речовини	Допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>	
	за 20 хв.	за 24 год.
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Сірчаний ангідрид	0,5	0,05
Окис вуглецю	3,0	1,0
Двоокис азоту	0,085	0,085
Сажа	0,15	0,05
Сірководень	0,008	0,008
Бенз(а)пірен	-	0,1 мкг/100м <sup>3</sup>
П'ятиокис ванадію	-	0,002
Фтористі сполуки	0,02	0,005
Хлор	0,1	0,03

В теперішній час проводяться досліджу вальні роботи над пальниковими пристроями для двохстадійного горіння або отримання розтягнутого по довжині топкової камери факелу, що повинно забезпечити значне зниження температурного рівня в топці і відповідно утворення окисів азоту. Також ведуться дослідження для розробки методів очищення стічних вод від токсичних домішок (нікелю, ртуті). Для запобігання виникнення цих шкідливих речовин, необхідно своєчасно вводити в експлуатацію нові технології для очищення стічної води, розширювати та поглиблювати наукові дослідження, спрямовані на запобігання забруднення навколишнього середовища.

### 8.3 Заходи по зменшенню забруднення довкілля

Захист навколишнього середовища сьогодні надзвичайно актуальний. Пов'язані з цією проблемою питання відзначаються дедалі ширшими дослідженнями та впровадженням їх результатів у народному господарстві. В Україні та інших країнах ця проблема вирішується у загальному комплексі науково-технічних, екологічних та інших заходів, спрямованих на запобігання забруднення довкілля.

Запиленість повітря визначається ваговим, електричним та фотоелектричним методами. А концентрація газів у повітрі – методами, які ґрунтуються на хімічних, дифузійних та електричних принципах.

Для запобігання забрудненню повітряного басейну отруйними речовинами, які виділяються з водогрійних котлів, забруднене повітря пропускають через очисні фільтруючі пристрої й пилоочисники. Дим після очищення у відповідних фільтруючих пристроях і достатня висота труб забезпечує розсіювання викидів на великих площах, завдяки чому концентрації шкідливих речовин в атмосфері стають незначними. В результаті максимальна концентрація в приземному шарі атмосфери складає не більше 0,25 ПДК.

Захисту потребує і гідросфера, особливо прісна вода, яка становить 2-3% загальних запасів Землі. Тому потрібно будувати очисні споруди, створювати оборотні системи водопостачання.

При механічному очищенні вода відстоюється у спеціальних ємностях, або наземних водосховищах. Її пропускають через фільтри, які затримують тверді частинки і нерозчинні вуглеводи. Для хімічного очищення види використовують реагенти, які вловлюють або нейтралізують шкідливі хімічні домішки.

Крім екологічного виховання з'являються і юридичні матеріали, документи, які передбачають захист довкілля. В Україні захисту навколишнього природного середовища приділяють велику увагу. Прийнято 25 червні 1991 року Закон України «Про охорону навколишнього середовища»,



який передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, новий економічний механізм використання природних ресурсів, визначає умови узгодження інтересів екології та інтересів економіки.

Негативний вплив антропогенних факторів може бути суттєво зменшений, якщо головним критерієм нешкідливості викидів вважати близькість абсолютних концентрацій хімічних елементів до тих, які є в природних умовах. Створення нових хімічних сполук повинно бути задіяне на перетворення їх на природні форми їхнього існування, для захисту і запобігання забрудненню навколишнього середовища.

По зменшенню забруднення повітря від дії газів, пари й пилу, що утворюються в результаті роботи котла, доцільно також провести наступні заходи:

- оптимізувати технологічні параметри водонагрівного котла;
- удосконалити конструкцію котельного обладнання;

Розглянемо більш детально ці заходи.

При кожному котлі необхідно передбачити прилади безпеки, які забезпечують своєчасне і надійне автоматичне відключення котла, або його елементів при недопустимих відхиленнях від заданих режимів експлуатації.

Парові котли з камерним спалюванням палива необхідно обладнати автоматичними пристроями, які припиняють подачу палива до пальників при зниженні рівня, а для прямоточних котлів – витрати води через котел, нижче допустимого.

Водонагрівні котли з багатократною циркуляцією і камерним спалюванням палива повинні бути обладнані пристроями, які автоматично припиняють подачу палива до пальників, а з шаровим спалюванням палива – приладами, які відключають тягопіддувні пристрої при зниженні тиску води в системі до значення, при якому виникає небезпека гідравлічних ударів, і при підвищенні температури води вище встановленої межі.

Водонагрівні котли з камерним спалюванням палива обладнуються автоматичними пристроями, які припиняють подачу палива в пальник котла, а

при шаровому спалюванні палива – відключають тягопіддувні пристрої і паливоподаючі механізми топки у випадках:

- підвищення тиску води у вихідному колекторі котла більше ніж на 5% розрахункового або дозволеного тиску.
- пониження тиску води у колекторі котла до значення, яке відповідає тиску насичення при максимальній температурі води на виході із котла.
- підвищення температури води на виході із котла до значення, вказаного заводом – виготовлювачем.

Парові і водонагрівні котли при камерному спалюванні палива повинні бути обладнані автоматичними пристроями для припинення подачі палива в топку в наступних випадках:

- загасання факелу в топці;
- відключення димососу;
- відключення піддувного вентилятора.

На котлах з пальниками, обладнаними індивідуальними вентиляторами, повинен бути захист, який припиняє подачу палива до пальника при зупинці вентилятора.

Парові котли з температурою пари на виході із головного, або проміжного пароперегрівача більше 400<sup>0</sup>С повинні бути обладнані автоматичними пристроями регулювання температури води.

Керівництво котельні повинне забезпечити утримання котлів в справному стані і безпечні умови їх експлуатації шляхом організації належного обслуговування.

Відповідальна особа за справний стан і безпечну експлуатацію, повинна забезпечити:

- утримання котлів в справному стані.
- проведення своєчасного планово-попереджувального ремонту котлів і підготовку їх до технічного контролю.
- своєчасне усунення виявлених несправностей.

- обслуговування котлів персоналом, який пройшов навчання і атестацію.
- забезпечення персоналу інструкціями, а також періодичну перевірку знань цих інструкцій.

## ВИСНОВКИ

Таким чином у дипломній роботі спроектована автоматична система контролю і керування за зміною величини різниці тиску газу у водонагрівному котлі "Факел-Г".

Розроблена у проекті система автоматичного керування повинна забезпечувати: підтримання величини тиску газу на заданому рівні; збір та зберігання інформації отриманої від пристроїв контролю, а також керування режимами роботи та виконавчими механізмами водогрійного котла.

Схема автоматизації водогрійного газового котла представляє собою систему, яка забезпечує автоматичне розпалювання газопаливного блоку, позиційне регулювання потужності і захист котла при наступних аварійних ситуаціях: перевищення температури води на виході із котла; пониження розрідження в топці нижче 0,01 кПа; пониження тиску газоповітряної суміші перед топкою нижче 0,8 кПа; загасання полум'я газопаливного блоку; зниження напруги в зонах автоматики.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Шафрановский В.А. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. 2-е изд. исп. и доп. –К.: Наукова думка, 1981. -940 с.
2. Кисилев Н.А. Котельные установки. –М.: Высшая школа, 1979. -270 с.
3. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: Учеб. пособие для ВУЗов / под. ред. В.А. Бесекерского. 5-е изд., перераб. и доп. –М.: Наука, 1978.
4. Теория автоматического управления: Учеб. пособие для ВУЗов: в 2 Ч. / под. ред. А.В. Нетушила. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Высшая школа, 1976.
5. Пожарная безопасность промышленных зданий. Под. ред. Гайдулова Н.С. –К.: «Будівельник», 1972. -230 с.
6. Волков Ю.Н. Безопасность производственных процессов в машиностроении. –М.: Машиностроение, 1972. -167 с.
7. Русанов А.А., Урбах Н.Н. Очистка дымовых газов в промышленной энергетике. –М.: Энергия, 1969. -456 с.
8. Клиничман Э. Проектирование специализированных микропроцессорных систем: Пер. с англ. –М.: Мир, 1985.
9. Цветков Э.И. Агрегатный комплекс средств электроизмерительной техники. Перспективные направления развития электроприборостроения // Всесоюзная научно-техническая конференция. –Л.: ВНИИЭП, 1980. –С. 180-190.
10. Губський А.І. Цивільна оборона.– К.: Міністерство освіти, 1995. – 216с.