

Рожицький Володимир Русланович

Розробка та дослідження інформаційної системи управління тепломережею  
промислового об'єкту

Керівник: доц. Митник М.М.





## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить \_\_\_ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає \_\_\_ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – \_\_\_ друкованих сторінок формату А4.

Дипломна робота складається з восьми розділів, в яких нараховується \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць з даними.

В роботі використано \_\_\_ літературних джерел.

В результаті виконання магістерської роботи було проведено створення автоматизованої системи керування тепломережею промислового об'єкту.

В роботі було проаналізовано методи управління процесами створення та розподілу теплоносія, розглянуто основні параметри, які найбільше впливають на цей процес

Було розроблено систему автоматичного контролю за розподілом теплоносія в системі тепlopостачання на базі програмованого логічного контролера ПЛК 110-60 та модулів вводу-виводу МДВВ та МВ 110-8А

Також було досліджено можливість корекції теплоспоживання на великій відстані від джерела тепла.

Впровадження результатів роботи дасть можливість створювати експериментальні графіки віддачі тепла споживачам і на їх основі проводити корекцію теплоспоживання в режимі реального часу, що дозволить економити енергоресурси.

Ключові слова: ТЕПЛОМЕРЕЖА, КОНТРОЛЬ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, КЕРУВАННЯ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	8
1.1. <i>Методи автоматичного регулювання барабанних котлів</i> .....	8
1.2. <i>Автоматичне регулювання водогрійних котлів</i> .....	16
1.3. <i>Автоматичне регулювання допоміжного обладнання</i> .....	18
1.4. <i>Автоматизація процесів в теплових мережах</i> .....	21
1.5. <i>Автоматичне регулювання котлів малої продуктивності</i> .....	26
1.6. <i>Автоматичне регулювання процесів водопідготовки</i> .....	28
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	33
2.1. <i>Методи реалізації систем керування теплопостачанням</i> .....	33
2.2. <i>Розробка функціональної схеми системи забезпечення теплоресурсом будівлі</i> .....	36
2.3. <i>Розробка функціональної схеми керування центральним тепловим розподільним пунктом</i> .....	38
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	54
3.1. <i>Вибір засобів автоматики згідно структурної схеми</i> .....	54
3.1.1. <i>Вибір програмованого логічного контролера</i> .....	54
3.1.2. <i>Вибір вимірних давачів та модулів розширення системи</i> .....	57
3.2. <i>Опис схеми автоматизації</i> .....	61
3.3. <i>Опис схеми сигналізації</i> .....	64
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b> .....	66
4.1. <i>Дослідження регулювання теплопостачання промислових об'єктів при дефіцитних режимах</i> .....	66
4.1. <i>Критерії прийняття рішень при регулюванні режимів</i> .....	66
4.2. <i>Технічні заходи</i> .....	67
4.3. <i>Математичне моделювання процесу централізованого теплопостачання об'єктів</i> .....	70
<b>5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	79
5.1. <i>Передача інформації від джерела до ПЛК по протоколу RS-485</i> .....	79
5.2. <i>Передача інформації від джерела до ПЛК по протоколу MODBUS</i> .....	86
<b>6. ОБГРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b> .....	90
6.1. <i>Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи</i> .....	90
6.2. <i>Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи</i> .....	91
6.3. <i>Розрахунок матеріальних витрат</i> .....	94

<i>6.4 Розрахунок витрат на електроенергію.....</i>	<i>95</i>
<i>6.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань .....</i>	<i>96</i>
<i>6.6 Обчислення накладних витрат .....</i>	<i>97</i>
<i>6.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи.....</i>	<i>98</i>
<i>6.8 Розрахунок ціни розробки системи.....</i>	<i>99</i>
<i>6.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень .....</i>	<i>100</i>
<b>7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>102</b>
<i>7.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління .....</i>	<i>102</i>
<i>7.2 Електробезпека .....</i>	<i>104</i>
<i>7.3 Розрахунок заземлення .....</i>	<i>107</i>
<b>8 ЕКОЛОГІЯ.....</b>	<b>111</b>
<i>8.1 Екологізація виробництва .....</i>	<i>111</i>
<i>8.2 Зниження енергоємності та енергозбереження. ....</i>	<i>112</i>
<i>8.3 Джерела електромагнітних полів, іонізуючого випромінення та методи їх знешкодження. ....</i>	<i>114</i>
<b>ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>116</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>117</b>

## ВСТУП

Останнім часом активно розвивається ніша автоматизованих систем управління процесами. Ця тенденція є наслідком постійного розвитку та вдосконалення елементної бази, зокрема обчислювальних інструментів, які є основою цих систем. Автоматизована система управління процесом повинна забезпечити безпроблемну якісну роботу виробництва з мінімальною кількістю персоналу.

Система управління процесом розробляється для підвищення ефективності управління процесом та забезпечення необхідної якості продукції, отриманої за допомогою використання комп'ютерних інструментів. Сучасні системи автоматизації та телемеханіки належать до класу складних діагностичних систем, що характеризуються ієрархічною структурою, в якій відмова підсистеми найчастіше не призводить до відмови всієї системи, але дещо знижує ефективність її застосування.

Проблема оптимізації споживання енергії сьогодні дуже гостра. Для підвищення якості, ефективності та надійності постачання споживачів теплової енергії важливо реалізувати концепцію переходу від систем централізованого опалення до централізовано-локальних систем з розподіленою генерацією тепла та електроенергії. Управління такими системами неможливе без створення автоматизованої системи управління процесами розподілу, транспортування та розподілу теплової енергії на об'єктах, розпоршених на великій території.

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Методи автоматичного регулювання барабанних котлів

Більшість систем опалення мають в якості теплоджерела парові котли.

У парових котлоагрегатах типу ДКВР, ДЕ, ГМ-50 і БКЗ-75 регулюються процеси горіння і живлення котла водою.

Крім того, для котлів БКЗ-75 і ГМ-50 передбачається регулювання температури перегрітої пари і безперервного продування. Схеми автоматичного регулювання для цих котлів визначаються технічними умовами заводу - виробника котлів. автоматичне регулювання процесу горіння включає регулювання подачі палива в топку в залежності від навантаження котла, підтримка оптимального співвідношення палива і повітря для економічного спалювання палива, підтримання потрібного стійкого розрідження в топці.

У схемах регулювання процесів горіння для котлів, що працюють на твердому паливі (пиловугільному) паливі, широко використовується сигнал за тепловим навантаженням. При роботі котла тільки на газоподібному паливі, регулювання подачі палива на котел спрощується, так як калорійність природного газу одного родовища практично постійна, а вимірювання витрати газу не викликає труднощів.

Для групи котлів, що працюють паралельно на загальну парову магістраль функції розподілу навантаження виконує головний (коригувальний) регулятор, який отримує сигнал по тиску пари в загальній паровій магістралі. Головний регулятор коригує роботу підключених до нього через перемикач навантаження регуляторів теплового навантаження котлів (рис. 1..1), а оптимальний розподіл навантажень між котлами встановлюється за допомогою задавачів регуляторів. Для переходу будь-якого з котлів в базовий режим роботи переривають сигнал до регулятора



навантаження цього котла від головного регулятора, встановлюючи значення від задатчика ручного управління. Слід зазначити, що схеми регулювання процесів горіння з використанням сигналу за тепловим навантаженням зазвичай застосовують для котлів паропродуктивністю 50 т / год і вище. Для котельних установок меншою паропродуктивності, наприклад, ДЕ і ДКВР застосування складних схем регулювання недоцільно [6,7,8].

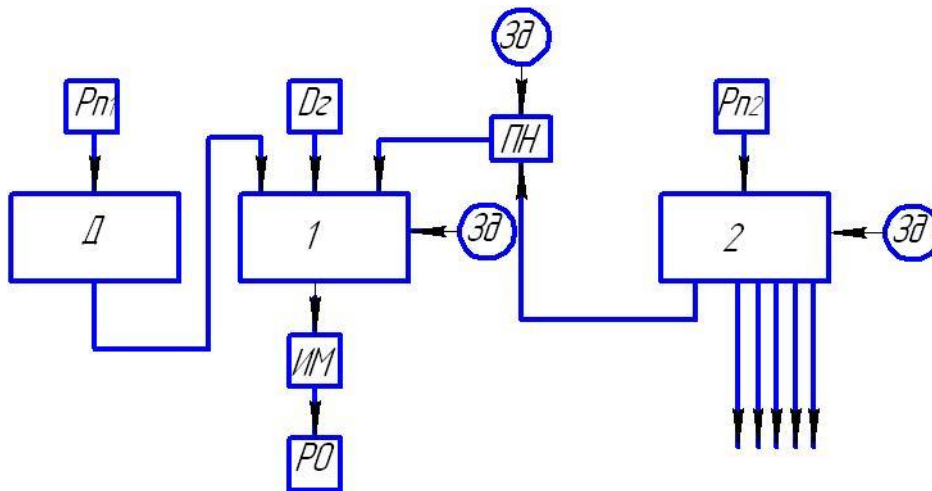


Рисунок 1.1. - Структурна схема регулювання навантаження «по теплу».

1 - регулятор теплового навантаження; 2 - головний коригувальний регулятор тиску; Зд - задатчик; ИМ - виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган; Рп1 - тиск пара в барабані котла; Рп2 - тиск пара в загальній магістралі; Д - диференціатор; Дг - витрата газу до котла; ПН - перемикач навантаження.

Для котлів ДЕ і ДКВР роль регулятора навантаження виконує регулятор тиску пара в барабані котла, впливаючи на зміну подачі палива (рис. 2.2). У цьому випадку регулювання парового навантаження паралельно працюючих котлів (підтримання визначеної залежності між витратою пара від даного котла і тиском в загальній паровій магістралі) здійснюється по одному з двох варіантів, де  $p_1$  і  $p_2$  - тиску в загальній паровій магістралі, відповідні мінімальній та максимальній продуктивності котельні.

Різниця ( $p_1-p_2$ ) в першому випадку характеризує абсолютну величину нерівномірності регулювання тиску в магістралі  $P_m$  у всьому діапазоні зміни сумарного навантаження паралельно працюючих котлів, у другому випадку - дорівнює сумі абсолютних нерівномірностей всіх регуляторів навантаження.

Для опалювально-виробничих котельних, де величина  $P_m$  може коливатися в бік зменшення в межах 0,15 - 0,2 Па, рекомендується розподіляти навантаження при паралельній роботі котлів, відповідно до варіанту, наведеним на рис. 1.3, б. В окремих випадках можуть складатися інші графіки розподілу навантаження між котлами, які є комбінаціями графіків, наведених на рис. 1.3.

Підтримка оптимального співвідношення палива і повітря (надлишку повітря) здійснюється для економічного спалювання топлива в топці котла.

При роботі котла на газоподібному паливі для котлів ГМ-50 і БКЗ-75 рекомендується включати регулятор навантаження за схемою «паливо - повітря» (рис. 1.4, а). Регулятор отримує два імпульсу: по витраті газу до котла, який безпосередньо вимірюється за допомогою діафрагми і дифманометра, і другий імпульс по перепаду тиску повітря на повітрянагрівачі, пропорційного витраті повітря. Регулятор впливає на направляючий апарат вентилятора.

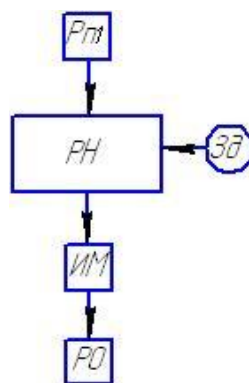


Рисунок 1.2. - Структурна схема регулювання навантаження по тиску пари в барабані.

$P_1$  - тиск пара в барабані;  $P_H$  - регулятор навантаження;  $Z_d$  - задатчик;  
 $IM$  - виконавчий механізм;  $PB$  - регулювальний орган.

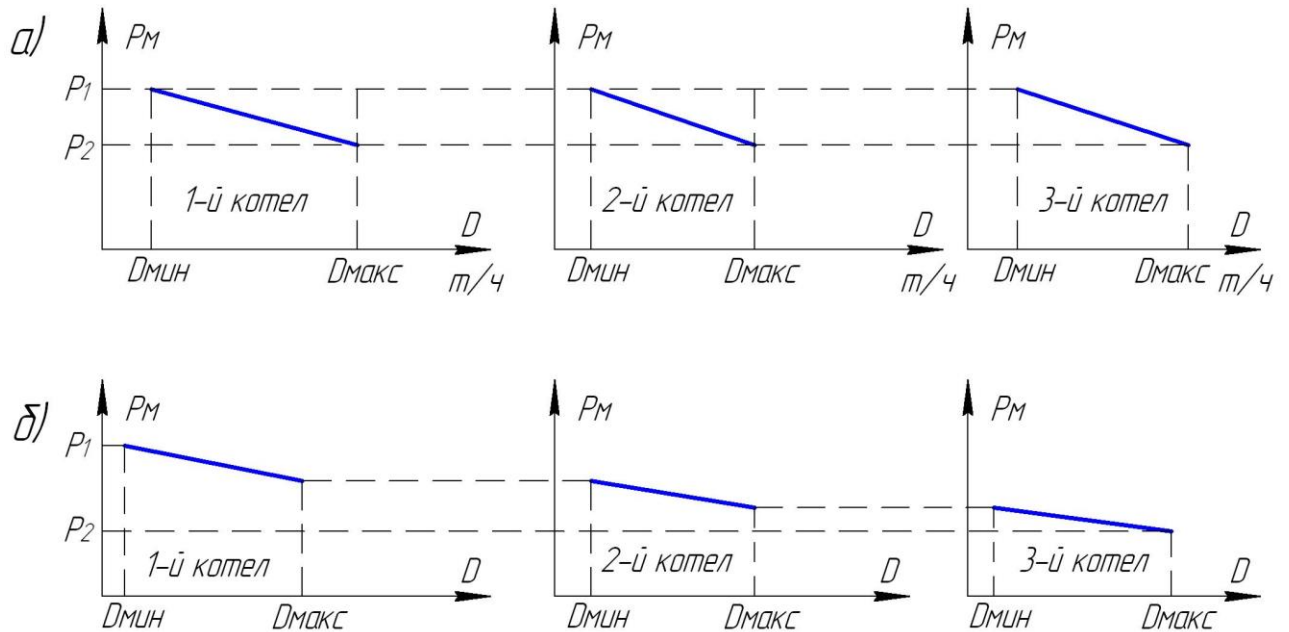


Рисунок 1.3. - Розподіл навантаження між котлами:

а - пропорційно номінальній продуктивності паралельно працюючих котлів; б - послідовне включення паралельно працюючих котлів відповідно абсолютної нерівномірності їх регуляторів,  $P_M$  - тиск пари в загальній магістралі;  $D$  - витрата пари.

В окремих випадках, наприклад, для котлів ДЕ і ДКВР, коли по конструктивних міркувань неможливо забезпечити необхідну довжину газопроводу для установки звужуючого пристрою, імпульс по витраті газу можна замінити імпульсом по тиску.

Газа перед пальниками, побічно характеризує витрата газу. Слід мати на увазі, що імпульс по тиску газу характеризується витрата палива тільки для котлів, в топці яких підтримується стійке розрідження. При цьому другим імпульсом, що надходять на регулятор, буде тиск повітря перед горілками (рис. 1.6, б). Статичний напір повітря в загальному повітропроводі перед пальниками характеризує витрата повітря за умови, що опір частини

повітропроводу між точкою відбору імпульсу і пальниками буде постійним т. Е. На цій ділянці відсутні пристрої, що змінюють опір повітропроводу.

Для котлів, які працюють на мазуті, при можливості вимірювання витрати мазуту за допомогою сопла профілем «чверть кола» або здвоєною діафрагми, схема паливо - повітря не відрізняється від схеми, показаної на рис. 1.6, а.

Для котлів ДЕ і ДКВР, що працюють на мазуті та твердому паливі, імпульсом, що характеризує витрата палива, є імпульс від датчика переміщення регулювального органу виконавчого механізму регулятора палива. Витрата палива не завжди відповідає положенню вихідної ланки виконавчого механізму, так як видаткова характеристика регулювального органу нелінійна, зчленування виконавчого механізму з регулювальними органом має люфти та ін.

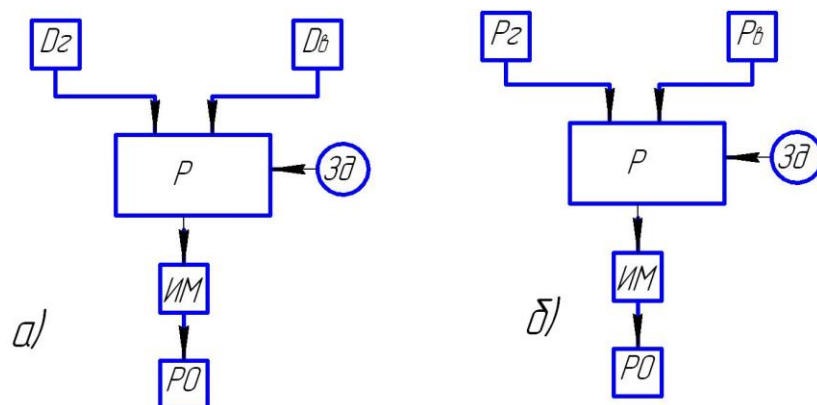


Рисунок 1.4. - Структурна схема регулювання повітря (паливо - повітря).

$D_g$ - витрата газу до котла;  $D_v$  - витрата повітря;  $P_g$ - тиск газу до котла;  $P_m$  - тиск повітря  $P$  - регулятор повітря  $Зд$  - задатчик;  $ИМ$  - виконавчий механізм;  $PВ$  - регулювальний орган.

Створення стійкого розрідження в топці котла повинно відбуватись автоматично в межах від -20 до -30 Па. У зв'язку з тим, що топка котла є

об'єктом зі значним самовирівнюванням, регулювання може здійснюватися одноімпульсним астатичним регулятором.

Регулятор розрідження отримує імпульс по розрідженню в верхній частині топкової камери і впливає на направляючий апарат димососа (рис. 1.5).

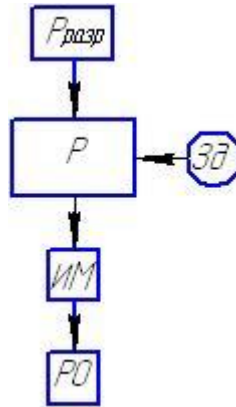


Рисунок 1.5. - Структурна схема регулювання розрідження.

Рразр - датчик; Р - регулятор розрідження; Зд - задатчик; ИМ - виконавчий механізм; РВ – регулювальний орган.

Для котлів продуктивністю вище 50 т / год в схему регулятора для поліпшення якості регулювання вводиться зникаюча динамічна зв'язок від регулятора повітря. Регулювання живлення котла здійснюється триімпульсним регулятором регулятором рівня в барабані котла. Підтримка рівня води в барабані котла в заданих межах означає відповідність витраті пара (навантаженні) розходу живильної води, що надходить в барабан.

Регулятор живлення котлів ГМ-50 і БКЗ-75, представляє собою ПІ-регулятор, сумуючий три імпульсу: рівень в барабані, витрата пара і витрата живильної води, що значно покращує якість регулювання, особливо при різкозмінних навантаженнях [6,7,8].

Для котлів ДКВР і ДЕ, що мають великий обсяг води в барабані, підтримання рівня води в необхідних межах при малих коливаннях навантажень досить добре забезпечується одноімпульсним (за рівнем)

регулятором харчування. Регулятор харчування через виконавчий механізм впливає на регулювальний клапан, встановлений на трубопроводі живильної води до котлів.

Необхідність регулювання температури перегріву пари визначається умовами міцності металу і плавністю зміни температури при коливаннях навантаження. Для розглядуваних типів котлів регулювання температури здійснюється зміною витрати живильної води через охолоджувач поверхневого тину, встановлений у розтин пароперегрівача.

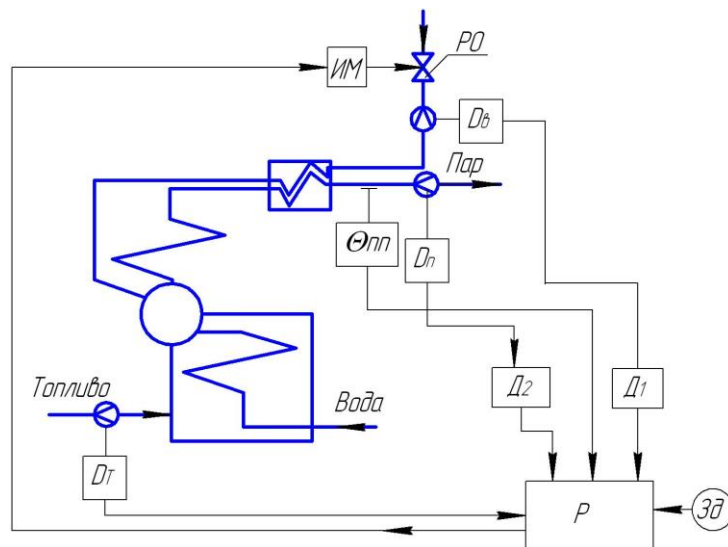


Рисунок 1.6. - Принципова схема регулювання температури пари.

Дв - витрата води на Пароохолоджувач; Дп - витрата пара; ДТ - витрата палива; - температура пара за перегрівачів; Д1, Д2- дифференціатора; Р - регулятор температури; Зд - задатчик; ІМ - ісполнительний механізм; РВ - регулювальний орган.

Найбільш поширеною схемою регулювання температури пари є схема з двоімпульсним регулятором: по температурі пара на виході з пароперегрівача і по швидкості зміни температури пара за пароохолоджувача. Однак ця схема не дає бажаних результатів: слабка реакція на зовнішні збурення, значне запізнювання. Найбільш повно

відповідає всім пропонованим до неї вимогам схема регулювання, показана на рис. 1.6.

Основним імпульсом є температура пара за пароперегрівом. Регулятор температури перегрітої пари пов'язаний через об'єкт регулювання - котел з регулятором харчування, так як частина живильної води, поступаючої в барабан котла, проходить через пароохолоджувач. Тому для сприйняття збурень по живильній воді в схему вводиться додатковий імпульс по швидкості зміни витрати води на пароохолоджувач.

При різкозмінних навантаженнях для поліпшення роботи схеми рекомендується вводити додаткові імпульси по швидкості зміни витрати пари від котла і витрати палива до котла, характеризуючі рівновагу теплового балансу пароперегрівача, але в статистиці ці сигнали відсутні, а  $D_p$  і  $D_T$  не змінюються.

При випаровуванні води розчинені в ній солі не повинні досягати певної концентрації. Видалення цих солей виконують за допомогою безперервної і періодичної продувок. Для котлів продуктивністю понад 50 т / год процес безперервної продувки автоматизується. Через відсутність датчиків солевмісту в котельній воді автоматична продувка ведеться пропорційно витраті пари. Регулятор продувки отримує імпульс по витраті пари і для поліпшення роботи схеми регулювання додатковий імпульс по положенню регульовального органу виконавчого механізму (рис. 1.7).

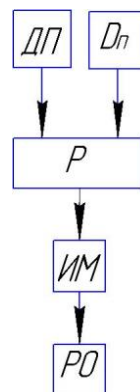


Рисунок 1.7. - Структурна схема регулювання безперервної продувки.

Дп - витрата пара; ДП - датчик перемещення виконавчого механізму; Р - регулятор безперервної продувки; ІМ - виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган.

## 1.2 Автоматичне регулювання водогрійних котлів.

В даний час в промисловій енергетиці широко застосовуються такі типи водогрійних котлів: КВ-ГМ і ПТВМ-зом - для спалювання газу і мазуту, ТВГ - для спалювання газу і КВ-ТС - для шарового спалювання твердого палива.

Регулятор навантаження котла отримує імпульс по температурі води за котлом і впливає на зміну подачі палива до котла (рис. 1.8).

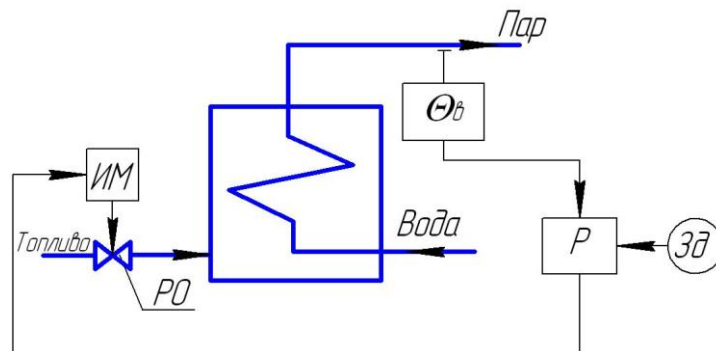


Рисунок 1.8. Принципова схема регулювання навантаження водогрійного котла.

$\Theta_v$  - температура води за котлом; Р - регулятор навантаження; ЗД - задавач; ІМ - виконавчий механізм; РВ – регулювальний орган орган.

Для котлів КВ-ТС виконавчий механізм регулятора навантаження впливає на плунжер пневмоскидача. Регулятор співвідношення палива і повітря включається за схемою паливо - повітря і отримує два імпульсу: по витраті палива і тиску повітря.

Для котлів продуктивністю до 20 Гкал / год імпульс по розходу палива може бути замінений: при спалюванні газу - імпульсом по тиску газу перед



пальниками, при спалюванні рідкого і твердого палива - імпульсом від датчика положення регулювального органу виконавчого механізму регулятора навантаження. Регулятор навантаження впливає на направляючий апарат вентилятора (при однозонних пальниках) або на заслінку, встановлену в повітропроводі вторинного повітря до пальників (при двозонних пальниках). Для котлів ПТВМ-30 та КВ-ГМ-100, що комплектуються двома вентиляторами, в схему включаються додатково стежить прилад і окремі виконавчі механізми для кожного направляючого апарату вентиляторів (рис. 1.9).

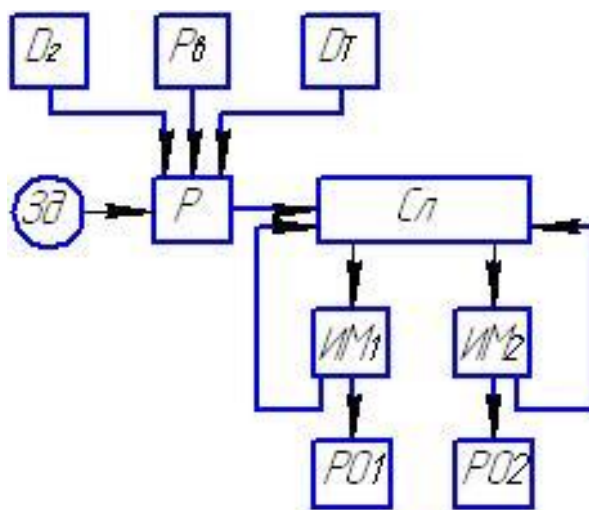


Рисунок 1.9. - Структурна схема регулювання повітря (паливо - повітря).

$Dz$  - витрата газу до котла;  $P_0$  - тиск повітря перед котлом;  $DT$  - витрата палива до котла;  $P$  - регулятор повітря;  $Zd$  - заджавач;  $Sl$  - стежить прилад;  $IM1$ ,  $IM2$  - виконавчі механізми;  $PO1$ ,  $PO2$  - регулювальні органи.

Робота регулятора розрідження не відрізняється від роботи аналогічного регулятора для парових котлів.

### 1.3 Автоматичне регулювання допоміжного обладнання.

Автоматично в допоміжному обладнанні необхідно регулювати наступні параметри [6,7,8]:

- а) тиск пара за редуційними (РУ) і редуційно-охолоджувальними (РОУ) установками;
- б) температуру пара за РОУ;
- в) тиск в деаераторі атмосферного типу (розрідження в вакуумному деаераторі);
- г) рівень в баку-акумуляторі деаератора;
- д) тиск рідкого палива в загальному напірному трубопроводі.

В опалювальних котельнях додатково регулюються:

- температура води, що подається в тепломережу;
- тиск в зворотному колекторі тепломережі (підживлення);
- температура води в мережі гарячого водопостачання (для систем з закритим водорозбором);
- тиск в циркуляційному контурі мережі гарячого водопостачання;
- постійний витрата води до котлів.

Автоматичне регулювання редуційних установок. Автоматичне регулювання редуційних установок (РУ) в котельнях, що виробляють насичений пар, полягає в підтримці заданого (пониженого) тиску пари після редукування. Єдиним збурюючим впливом на регульовану величину є зміни споживання пари. З точки зору динамічної характеристики РУ є об'єктом з розподіленою по довжині ємністю. Враховуючи, що РУ володіє значним самовирівнюванням, а відбір імпульсу здійснюється поблизу РУ, можна вважати редуційну установку одноємним об'єктом з самовирівнюванням.

Регулятор тиску отримує імпульс по тиску пари після РУ і впливає через виконавчий механізм на регулювальний клапан на паровому колекторі.

При виробленні котлом перегрітої пари для зниження його тиску і температури застосовується РОУ. Регулятор тиску працює так само, як і в схемі з РУ. Регулювання температури здійснюється уприскуванням живильної води.

Для поліпшення якості регулювання слід одночасно змінювати і тиск і температуру перегрітої пари. З цією метою від регулятора тиску до регулятора температури передбачена динамічна зв'язок.

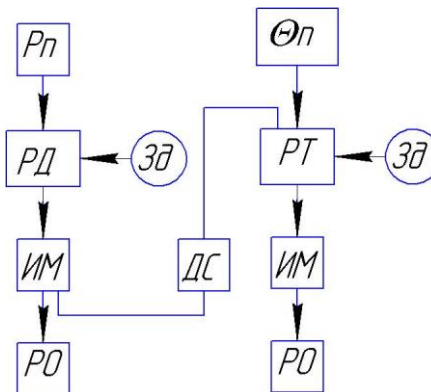


Рисунок 1.10. - Структурна схема автоматичного регулювання РОУ.

Рп - тиск пара після РОУ; Т - температура пара після РОУ; РД – регулятор тиску пари; РТ - регулятор температури пара; ДС - динамічна зв'язок; Зд - задатчик; ІМ – виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган.

Регулювання деаераторів. У котельнях з паровими котлами термічна деаерація (видалення з води розчинених у ній газів) проводиться в деаераторах атмосферного типу. Причиною корозії трубних систем котла і допоміжного обладнання є в першу чергу розчинений у воді кисень, а також вуглекислий газ. Розчинність газу залежить від температури: при підвищенні температури вона зменшується, а в киплячій воді близька до нуля. Для нагріву води до  $104^{\circ}\text{C}$  в деаератор подається пар, витрата якого регулюється для деаераторів з барботажем пристроєм по тиску в паровому просторі бака-акумулятора.

Для сприйняття неминучих втрат конденсату на виробництві в деаератор надходить хімічно очищена вода. Регулятор рівня в деаераторному баку впливає на зміну витрати води (рис. 1.11).

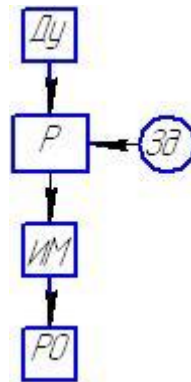


Рисунок 1.11. - Структурна схема регулювання рівня в деаераторі.

Ду - датчик рівня; Р - регулятор рівня; ІМ - виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган; Зд - задатчик.

Для деаераторів одного тиску, що працюють паралельно, слід застосовувати один регулятор тиску пара і один регулятор рівня води в баках на групу деаераторів. В цьому випадку деаератори повинні мати зрівняльні лінії по воді і пару.

Регулювання тиску в подаючому мазутопроводі. Підтримує постійний тиск мазуту в напірному трубопроводі, так само як і тиску води в поживних магістралях, має на меті стабілізацію тиску перед регулювальним клапаном палива і живлення котла.

Регулювальний клапан регулятора тиску мазуту встановлюється на циркуляційному мазутопроводі і мазутонасосних, а регулятора тиску живильної води на лінії скидання її в деаератор.

Регулювання температури мазуту. Регулювання температури мазуту, що надходить в пальники, відбувається, як правило, в мазутонасосних, де розміщуються підігрівачі мазуту. При невеликих витратах мазуту на кожному підігрівачі рекомендується встановлювати регулятори температури

прямої дії. Якщо не вдається підібрати регулятори температури прямої дії, слід встановлювати загальний регулятор на групу підігрівачів.

Всі регулятори допоміжного обладнання реалізують II - або III - закони в залежності від необхідної точності підтримки регульованого параметра або використовуються регулятори прямої дії. Вибір закону регулювання і необхідну якість перехідних процесів регламентується заводом виробником технологічного обладнання, або інженерно-конструкторською організацією.

#### **1.4 Автоматизація процесів в теплових мережах.**

Автоматизація відпуску тепла. У опалювально-виробничих котельних, де для потреб опалення встановлюються підігрівальні установки, для підтримання температури води в тепломережі відповідно до опалювальним графіком необхідно передбачати регулятор температури. Отоплювальний графік котельні висловлює залежність температури мережевої води від температури зовнішнього повітря. Схема регулятора температури мережевої води з корекцією по температурі зовнішнього повітря не виправдала себе, тому що датчик температури зовнішнього повітря не в змозі врахувати вплив напрямку вітру, його силу, інтенсивність сонячної радіації, температуру приміщень і ще ряд факторів, що впливають на теплоємність опалювальних будівель, тому необхідна температура мережної води, яку повинен підтримувати регулятор, визначається оператором по опалювального графіку і задається вручну. Як правило, це середня температура за минулі 0,5 добу.

У котельнях, призначених для теплопостачання тільки будівель з періодичним перебуванням людей (установи, видовищні підприємства і т. п.), Рекомендується передбачати можливості програмного регулювання відпуску тепла з метою економії топлива за рахунок зниження температури приміщень на періоди відсутності людей.

Температура води в тепломережі може підтримуватися декількома способами:

- впливом на витрату пари, що подається на підігрівач;
- зміною поверхні нагрівання підігрівача;
- підмішуванням частини зворотної мережної води в пряму.

Регулювання температури мережевої води зміною витрати насиченого пара має певні недоліки: незадовільна робота регулювального клапана на насиченому парі низького тиску і можливість появи вакууму в паровому просторі підігрівача при температурі насиченої пари менше  $100^{\circ}\text{C}$ , зниження тиску конденсату (при малих навантаженнях) нижче величини, необхідної для його надходження в деаератор.

При регулюванні зміною поверхні нагрівання підігрівача регулювальний орган встановлюється на лінії конденсату після підігрівача, і в залежності від температури мережевої води частина поверхні нагріву затоплюється конденсатом і виключається з активного теплообміну. При цьому способі діапазон регулювання невеликий і швидше виходять з ладу поверхні нагріву підігрівача. При регулюванні підмішування регулювальний орган встановлюється на обвідній лінії підігрівача або групи підігрівачів, пропускаючи частину зворотної мережної води безпосередньо в тепломережу, минаючи підігрівачі. Структурна схема регулювання аналогічна схемою на рис. 1.8. Ця схема регулювання отримала найбільш широке поширення. Однак її застосування вимагає детального розрахунку опору обвідної лінії.

Регулювання підживлення теплової мережі. Регулювання підживлення тепломережі ведеться в залежності від величини тиску зворотної мережної води на всмоктуванні мережевих насосів. Завдання регулятора підживлення полягає в збереженні постійного п'єзометричного графіка теплової мережі. Для тепломереж, виконаних із закритою схемою водорозбору, підживлення становить приблизно 2% кількості циркулюючої води. При невеликих

витратах можна встановлювати регулятор тиску прямої дії. Динамічна характеристика процесу підживлення може бути прийнята, як для одноємного об'єкта з самовирівнюванням, і тому для регулювання тиску води на всмоктуванні мережевих насосів рекомендується застосовувати статичний регулятор.

У котельних, що мають підігрівачі для потреб гарячого водопостачання, необхідно підтримувати температуру води постійної (не вище  $70^{\circ}\text{C}$ ).

Автоматичне регулювання температури води в тепломережі. Регулювання температури води в тепломережі в котельні з водогрійними котлами пов'язано з регулюванням температури води за котлами і витратою води через котли. На рис. 1.12 і 1.13 представлені функціональні схеми автоматизації водогрійної котельні, що працює на рідкому і газоподібному паливі. Технологічні вимоги, що пред'являються до системи регулювання, такі: температура води в тепломережу повинна підтримуватися відповідно до опалювального графіку; витрата води через котли повинен бути постійним; температура води на виході з котлів повинна бути не вище  $150^{\circ}\text{C}$ .

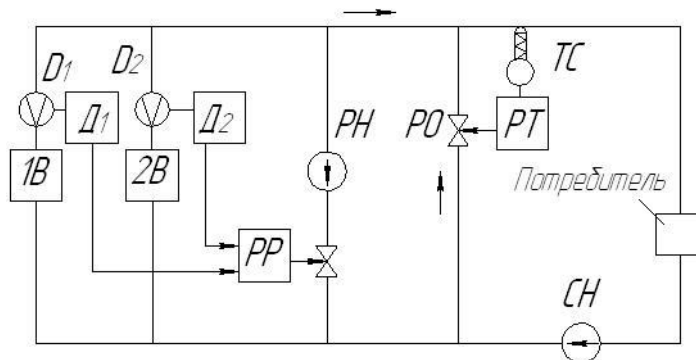


Рисунок 1.12. - Функціональна схема автоматичного регулювання водогрійної котельні.

1В, 2В - котли; РН - насос рециркуляційної води; СН - насос мережної води; D1, D2-діафрагми; Д1, Д2- датчики; РР - регулятор постійної витрати води до котлів; Т - термометр; РТ регулятор температури води в тепломережу; РВ - регулювальний орган.

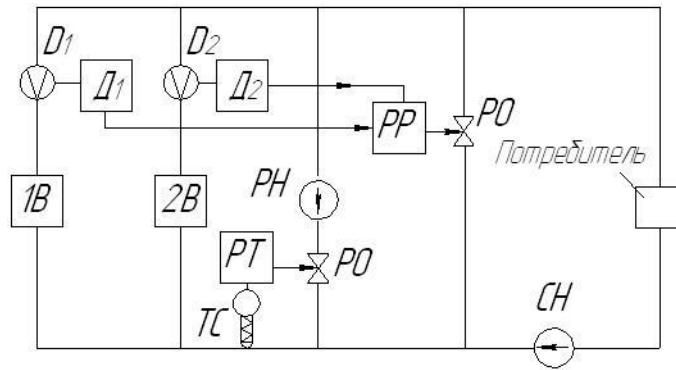


Рисунок 1.13. - Функціональна схема автоматичного регулювання водогрійної котельні (паливо - газ).

1В, 2В - котли; РН - насос рециркуляції води; СН - насос мережної води; D1, D2- діафрагми; Д1, Д2- датчики; РР - регулятор постійної витрати води до котлів; ТС - термометр опору; РТ-регулятор температури води до котлів; РВ - регулювальний орган.

При роботі водогрійних котлів на сірчистому мазуті для виключення впливу корозії конвективних поверхонь нагріву, що викликаються конденсацією сірчаної кислоти, температура води на виході з котла необхідно підтримувати постійною, рівну  $150^{\circ}\text{C}$ .

В цьому випадку температуру води в тепломережу підтримує регулятор температури, впливаючи на витрату води через перемичку, а постійна витрата води до котлів забезпечує регулятор витрати, який одержує сумарний імпульс по витраті води за котлами і впливає на подання води до котлів з контуру рециркуляції.

Постійний витрата води до кожного котла забезпечується при налагодженні шляхом вирівнювання гідравлічних опорів трубопроводів за допомогою дросельних шайб від колектора зворотної мережевої води до котла. Для котлів, що спалюють лише газоподібне паливо, температура води на вході повинна бути не менше  $70^{\circ}\text{C}$  щоб уникнути появи корозії і для забезпечення паспортної продуктивності котла. У цьому випадку схема автоматизації трохи видозмінюється (рис. 1.13): температура води в



тепломережі підтримується регуляторами навантаження котлів; регулювання температури води перед котлами здійснює регулятор, отримуючи імпульс по температурі води перед котлами і впливу на подачу води з контуру рециркуляції. Регулювання постійної витрати води до котлів здійснює регулятор, пропускаючи частину води з зворотної лінії теплової мережі в пряму лінію. У водогрійних котельних, де відсутня теплоносій пар, широке застосування отримали вакуумні деаератори. Тиск 7,5 кПа або 30 кПа, що створюється ежекторами, забезпечує температуру води на виході з деаератора відповідно 40 або 70 ° С. Вода для деаерації надходить з температурою на 15-25 ° С нижче температури кипіння. Для підігріву води до температури кипіння безпосередньо в деаератор подається високотемпературна вода. Залишкова концентрація розчиненого у воді кисню після деаерування від 30 до 50 мкг / кг в залежності від схеми тепlopостачання. Автоматичне регулювання процесу деаерації в вакуумних деаераторах, що працюють з тиском  $3 \cdot 10^4$  Па, здійснюється двома регуляторами. Перший з них підтримує постійної температури 55 ° С води, що пройшла водопідготовку, впливаючи на подачу в підігрівачі високотемпературної води від котлів, і другий, отримуючи імпульс по величині вакууму в деаераторі, подає високотемпературну воду безпосередньо в деаератор, догріваючи воду до 70 ° С. Якщо деаератор працює з тиском  $7,5 \cdot 10^3$  Па (температура на виході дорівнює 40 ° С), то в деаератор відразу подається хімічно очищена вода, без підігріву, тому що її температура 25-30 ° С і перший регулятор не потрібен. Рівень в вакуумних деаераторах регулюється так само, як і атмосферних (рис. 1.11).

### **1.5 Автоматичне регулювання котлів малої продуктивності.**

Парові котли типів Е-1/9-Г паропроодуктивністю 1 т / год і тиском 0,8 і Е-0,4 / 9-Г паропроодуктивністю 0,4 т / год, що працюють на газоподібному паливі, повністю автоматизовані. Котли поставляються комплектно з системою автоматики для мікрокотлів (АМК). Система здійснює автоматичний пуск котла, захист його при аварійних відхиленнях основних параметрів, сигналізацію цих відхилень, а також підтримку в заданих межах: тиску пари в барабані; рівня води в барабані; подачі повітря в топку відповідно до подачі палива. Оскільки ці котли працюють під наддувом, відпадає необхідність в регулюванні розрідження. Необхідна точність підтримання регульованих параметрів забезпечується застосуванням двопозиційних регуляторів, що пояснюється незначними швидкостями розгону котла за регульованими параметрами: рівнем і тиску в барабані.

Для регулювання тиску пара в системі автоматики передбачені два клапана: «малого» і «великого» горіння. Клапан «малого» горіння постійно відкритий. При надходженні командного імпульсу клапан «великого» горіння відключається або включається, що забезпечує роботу котла в діапазоні навантажень 40-100%. Частота спрацьовування клапана «великого» горіння визначається величиною зони повернення контактної пристрою датчика і коливаннями навантаження [6,7,8].

Регулятор рівня отримує команду від двох електродів (верхнього і нижнього рівня), встановлених в рівнемірній колонці, що поставляється з котлом.

Регулювання подачі повітря в топку відповідно до кількості палива, що спалюється здійснюється також регулятором тиску пара шляхом електричного блокування електромагнітного виконавчого механізму через ланцюга управління з соленоїдним клапаном «великого» горіння. При

відкритті клапана «великого» горіння максимально відкривається заслінка на повітропроводі за вентилятором.

Положення мінімального і максимального відкриття заслінки на повітропроводі визначаються в процесі налагодження агрегату в відповідності до режимної карти і встановлюються за допомогою регулювальних гвинтів, наявних в приводі заслінки.

Парові котли Е-1/9-Ж і Е-0.4 / 9-Ж, що працюють на легкому паливі (пічне, дизельне), комплектуються системою АМК. Однак соленоїдні клапани, які регулюють подачу палива, з системою АМК не поставляються.

Крім регуляторів, які забезпечують підтримку тиску, рівня та співвідношення паливо - повітря, додатково передбачений двопозиційний регулятор, що підтримує постійну температуру палива включенням або відключенням електрообігрівача, встановленого на паливопроводі. Електронагрівач призначений тільки для підігріву палива перед надходженням його в форсунку, а для підтримки необхідної температури палива в загальній паливній системі котельні повинен бути передбачений окремий регулятор.

Котли Е-1/9-М, призначені для роботи на мазуті, обладнання пальникових пристроїв АР-90, яке складається з ротаційної форсунки Р-90 і щита управління. На щиті, крім ланцюгів управління електродвигунами димососа, живильного насоса і схеми захисту, зібрана схема двопозиційного регулятора рівня води в котлі, що працює від двох датчиків (верхнього і нижнього рівня). Регулятор з допомогою магнітного пускача впливає на включення або відключення електроприводу живильного насоса.

Котли Е-1 / 9-1, призначені для роботи на твердому паливі, оснащуються пультом управління, на якому також встановлений двопозиційний регулятор рівня води в котлі. Регулятор аналогічний регулятору рівня, встановленого на котлі Е-1/9-М.

Чавунні секційні парові і водогрійні котли типів «Енергія», «Універсал», «Мінськ» часто обладнуються системою автоматичного регулювання опалювальних котелень АМКО. Система АМКО при спалюванні газоподібного палива забезпечує двопозиційне регулювання тих же параметрів, що і система АМК. Система АМКО, крім того, включає в себе загальнокотельний регулятор, який в залежності від типу встановлюваних котлів, підтримує в заданих межах або температуру мережевої води на виході з котельні, або тиск пара в колекторі.

Як загально котельного регулятора використовується позиційний регулюючий прилад типу ПРП, який одержує імпульси або від термометра опору (водогрійні котли), або від диференційно-трансформаторного датчика тиску (парові котли). Контакти мікроперемикачів на виході регулює приладу впливають на включення або відключення паливних клапанів котлів. Повне відключення котла відбувається при відключенні клапану малого горіння. В цьому випадку включення котла проводиться вручну. При роботі котлів на рідкому паливі через відсутність до теперішнього часу електромагнітних клапанів регулювання навантаження котлів здійснюється вручну.

## **1.6 Автоматичне регулювання процесів водопідготовки.**

Підвищені вимоги до якості води, що надходить для живлення парових котлів або підживлення тепломережі, викликають ускладнення циклу водопідготовки, особливо в тих випадках, коли джерелом водопостачання є поверхневі джерела.

Поряд з регулюванням таких процесів, як підігрів вихідної води або підтримання постійного рівня в баках декарбонізованої води, виникають завдання, пов'язані з автоматизацією роботи освітлювачів і програмним

управління процесом відновлення фільтрів (механічних, Н або На-катионових).

Автоматизація освітлювача включає регулювання навантаження освітлювача; підтримка постійної температури води до освітлювача; підтримання певного співвідношення між кількістю води, що надходить на освітлення, і кількістю регенованої води (вода, яка повертається в освітлювач після промивання механічних фільтрів); дозування розчину реагентів.

Регулювання продуктивності освітлювача (рис. 16.14) відбувається за рівнем в баку освітленої води. Регулятор діє на подачу води до освітлювача. Рівень в баку залежить від продуктивності установки для водопідготовки і витрат на її власні потреби (наприклад, миття фільтрів).

Слід мати на увазі, що при стабільній навантаженні освітлювача поліпшуються умови збереження шару зваженого осаду (шламу), поліпшується якість освітленої води, полегшується робота дозуючих пристроїв. Стабілізація навантаження досягається створенням в баку освітленої води нерегульованого обсягу (20-25% ємності бака), в межах якого зміна рівня не викликає спрацьовування регулятора. Це здійснюється збільшенням зони нечутливості регулятора. Для поліпшення роботи АСР в якості зворотного зв'язку вводиться додатковий імпульс по витраті води на освітлювач.

При різко змінних навантаженнях з великими амплітудами рекомендується відключати вплив регулятора при зниженні витрати води до освітлювача до 30 і підвищенні до 125% номінального. При установці групи освітлювачів у кожного передбачається свій бак і індивідуальний регулятор продуктивності.

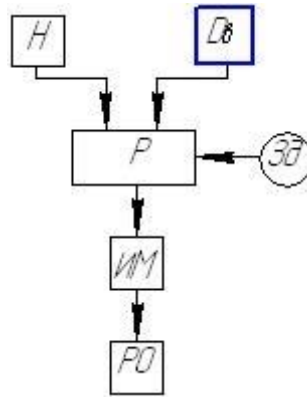


Рис. 1.14. Структурна схема регулювання продуктивності освітлювача.

Дв - витрата води до освітлювачів; Н - рівень в баку освітленої води Р регулятор продуктивності; Зд - задатчик; ИМ - ісполнительный механизм, РВ - регулювальний орган.

Регулювання температури води, що подається до освітлювача (рис. 1.15), має здійснюватися з точністю  $\pm 1^\circ$ . Відхилення понад  $1^\circ$ , веде до порушення процесу кристалізації в освітлювачі. Регулятор отримує імпульс по температурі води за підігрівачем і впливає на подачу теплоносія до підігрівача або до групи паралельно працюючих підігрівачів.

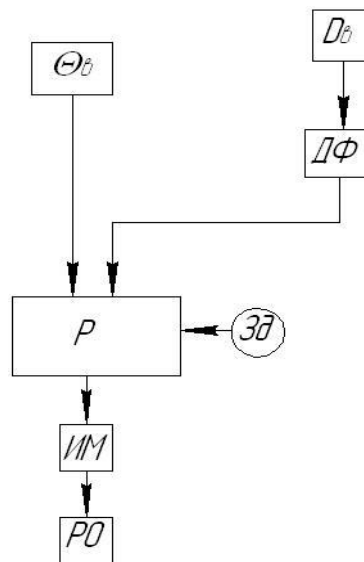


Рисунок 1.15. Структурна схема регулювання температури води до освітлювача.

$\Theta_e$  - температура води за підігрівачем;  $D_{в}$ -витрата води за підігрівачем;  
 P - регулятор температури; ДФ - диференціатор; Зд - задатчик; ІМ - виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган.

При різкозмінних навантаженнях слід вводити додатковий імпульс по швидкості зміни витрати води через підігрівач і встановлювати регулятори на кожен підігрівач.

Крім вихідної води, в освітлювачі надходить вода, що збирається після відмивання механічних фільтрів. Як правило, фільтри відмиваються освітленою водою, в яку під час відмивання потрапляють зважені частинки, що сприяють процесу освіти шламу в освітлювачах. Щоб не порушувати процес шламоутворення в освітлювачі, витрата регенованої води має становити 10-12% витрати вихідної води, що надходить на освітлювач (рис. 1.16). Регулятор співвідношення подачі регенованої води в освітлювач підтримує потрібне співвідношення витрат, впливаючи на подачу регенераційної води в освітлювач.

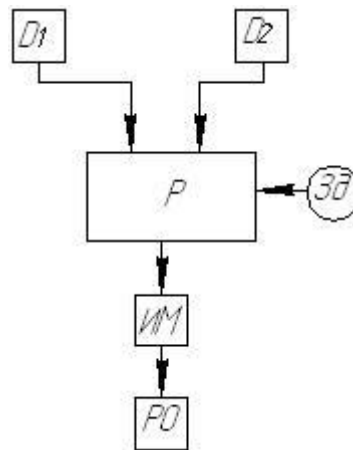


Рис. 1.16. Структурна схема регулювання витрати регенованої води до освітлювача.

$D_1$  - витрата регенерируемой води в освітлювач;  $D_2$  - витрата вихідної води в освітлювач; P - регулятор витрати; Зд - задатчик; ІМ - виконавчий механізм; РВ - регулювальний орган.

Подача реагентів в вихідну воду проводиться насосами-дозаторами. Теоретично дозування реагентів слід регулювати по імпульсу, що відбиває якість оброблюваної води. Однак надійні дешеві і прості в експлуатації прилади промисловість в даний час не випускає. Тому дозування реагентів виконується насосом-дозатором пропорційно витраті оброблюваної води (рис. 1.17).

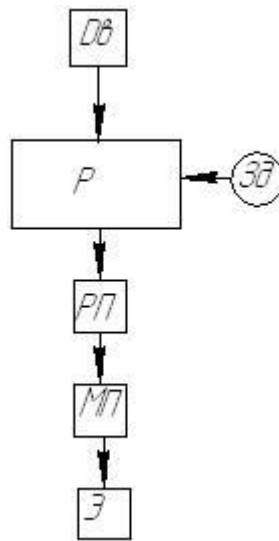


Рис. 1.17. Структурна схема регулювання дозівки реагенту по витраті вихідної води.

Дв - витрата вихідної води; РТ - регулятор; Зд - задатчик; РП - проміжне реле; МП - магнітний пускач; Е - електродвигатель насоса-дозатора.

У освітлювач подаються вапняне молоко (для зниження жорсткості води і створення кристалічних опадів), коагулянт і поліакриламід (для процесу видалення з води грубо дисперсних і колоїдних домішок). Кількість подається вапняного молока залежить від якості оброблюваної води, а коагулянту і поліакриламід - від кількості води.

Тому передбачаються роздільні регулятори для дозування зазначених реагентів.



## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Методи реалізації систем керування теплопостачанням

Для керування тепломережею промислового об'єкту необхідно використовувати комплекс заходів, які передбачають початковий аналіз самої організації теплопостачання.

Власне кажучи, форми теплопостачання можуть бути різними. Тепло можна отримувати від котельні, яка розташована не на підприємстві. Можна отримувати теплогерело від інших промислових підприємств, наприклад якщо об'єкт знаходиться біля теплоелектростанції. Також підприємство може мати власну котельню і використовувати її ресурс. Також може використовуватись і комбінований вид генерації теплоносія [6,7,8].

В загальному випадку розподіл системи теплопостачання приведено на рис 2.1 [9]. Це схема теплопостачаючої компанії проте на ній приведені всі аспекти цього процесу. Насамперед слід відмітити, що процес можна умовно розбити на кілька складових: виробництво тепла (управління котлом, як правило для підприємств це ДКВР), транспортування тепла (чим менша відстань, тим ефективніше транспортування), а також його розподіл та споживання. На промислових підприємствах часто використовують тепло у вигляді теплої води або пари.

Тому виходячи з того, яким обладнанням володіє підприємство, використовує воно теплогерело для власних потреб чи для експорту така і обирається схема керування. Перше, що необхідно автоматизувати це роботу тепло генеруючої установки. В першому випадку це може бути водогрійний котел, газовий або електричний котел. Його роботу необхідно автоматизувати та оптимізувати. Для цього застосовують різного роду терморегулятори, давача тиску та температури.

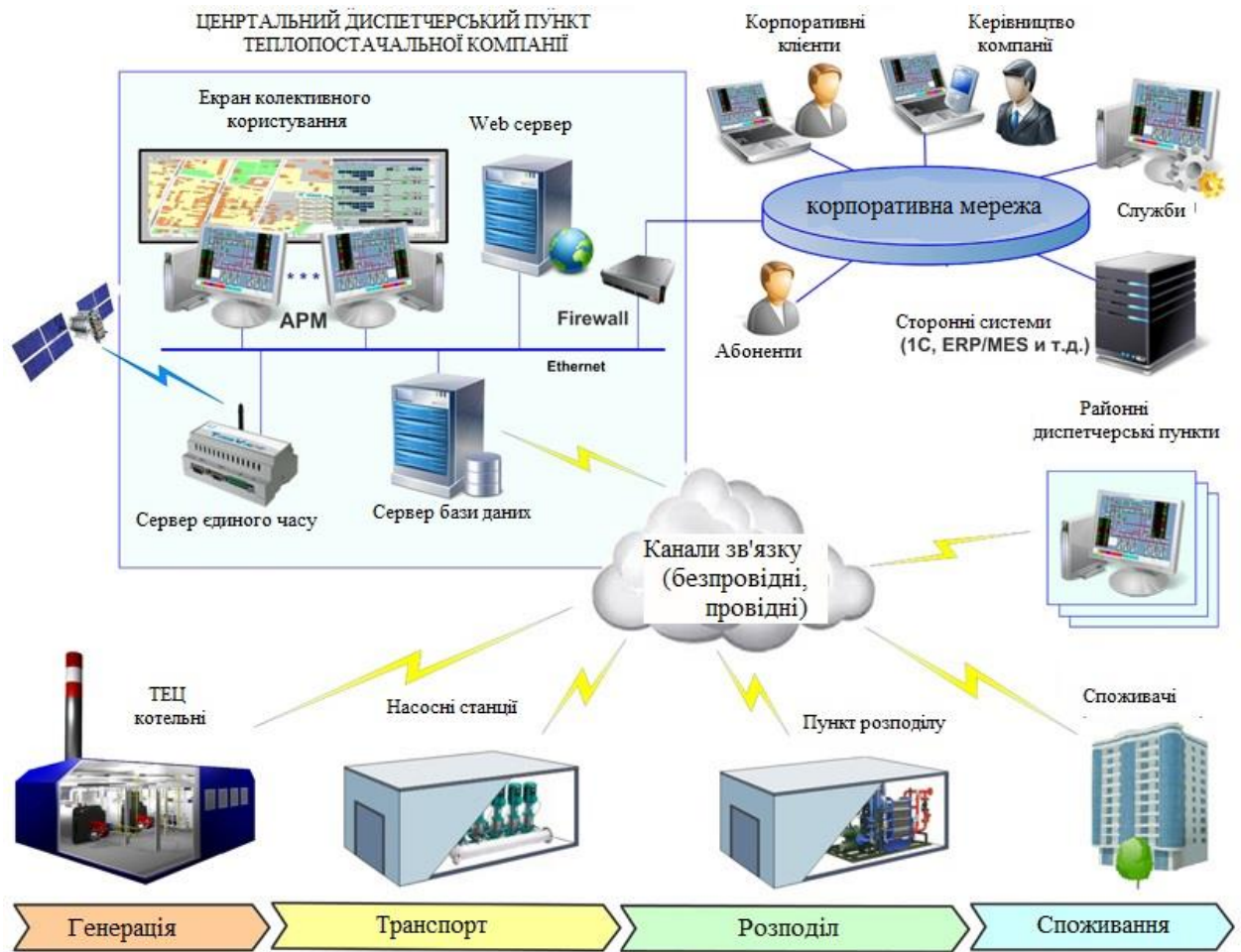


Рисунок 2.1 – Розподіл системи теплопостачання компанії, що постачає тепло.

На наступному етапі, коли відомо, що з генераторами тепла, якщо підприємство їх використовує, все в порядку, то необхідно проводити автоматизацію мережі розподілу тепла. Тип організації системи диспетчеризації та керування системи теплопостачання залежить від того, наскільки велике підприємство, скільки тепло генеруючих елементів в ньому є, яка відстань транспортування та скільки є наявних споживачів.

В деяких випадках є необхідність керування теплопроводами, теплорегуляторами та котельнями або водогрійними котлами. В кожному індивідуальному випадку підприємство виходить з обладнання, яке є в його наявності.

Метою роботи є розробка автоматичної системи управління підсистемами гарячого водопостачання та опалення.

Системи теплопостачання є найбільшим споживачем паливно-енергетичних ресурсів у країні. Умови теплового комфорту в опалюваних будинках визначають добробут людей, продуктивність праці тощо, залежать від нормального функціонування цих систем. Автоматизація дозволяє позбутися від безпосереднього контролю людей над технологічним обладнанням та процесом.

Цілі створення системи керування:

- Керування технологічними параметрами відповідно до вимог регламенту.
- Надання оперативному персоналу інформації про процес.
- Координація роботи комплексного взаємозв'язку обладнання всередині технологічних установок та забезпечення взаємодії установок між собою.
- Скорочення часу на досягнення робочих значень параметрів системи.
- Забезпечення безперервності технологічних установок
- Попередження надзвичайних ситуацій на об'єкті та забезпечення його належного функціонування
- Зниження витрат на ремонт за рахунок точного дотримання умов процесу та ранньої діагностики можливих несправностей
- Оптимізація роботи технологічних параметрів установки та зменшення питомих витрат енергії
- Захист від несанкціонованого втручання в технологічний процес та фіксація всіх дій оперативного персоналу під час управління
- Підвищення продуктивності персоналу та скорочення ручних операцій за допомогою використання мікропроцесорної технології

- Архівування даних, що дозволяє оцінити якість контролю технологічних процесів з метою розробки рекомендацій щодо поліпшення роботи рослин

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

Провести аналіз досліджуваного об'єкта автоматизації.

На основі аналізу синтезувати структурну схему модернізованої системи, розробляти структуру окремих системних блоків.

Зробити підбір основного та допоміжного, зазвичай, обладнання, обладнання для автоматизації.

Розробити електричні схеми для підключення пристроїв.

## 2.2 Розробка функціональної схеми системи забезпечення теплоресурсом будівлі

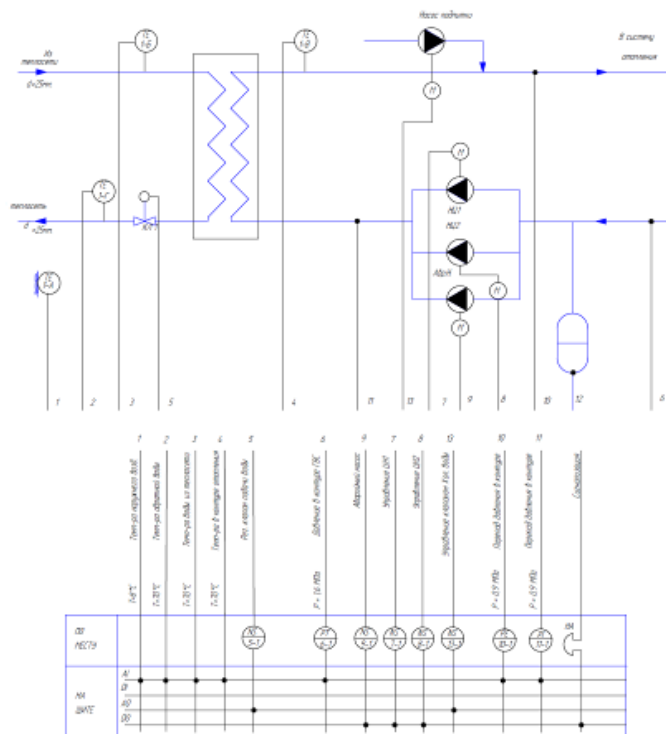


Рисунок 2.3 – Приклад реалізації функціональної схеми для регулювання подачі тепла в будівлю

Функціональна схема автоматизації процесу роботи системи опалення представлена на рис. 2.3 [6,7,8].

Система управління призначена для підтримки технологічних параметрів, що забезпечують оптимальне нагрівання будівлі.

На об'єкті встановлено:

- теплообмінники для гарячої води та опалення;
  - запірні та регулюючі клапани для гарячої води та опалення;
  - відцентрові, власне, насоси системи опалення та, вочевидь, гарячого водопостачання;
  - насос для заправки;
  - аварійні насоси;
  - датчики тиску води, на нашу думку, в системах опалення та, зазвичай, гарячого водопостачання;
  - датчики температури води, власне кажучи, в системах опалення, гарячого, зокрема, водопостачання та опалення;
  - датчик зовнішньої температури;
  - світлова і звукова сигналізація;
- На панелі управління встановлено:
- контрольне обладнання для насосів, запірно-регулюючих клапанів, звукових і світлових систем попередження та кнопки START;
  - перемикання режимів управління комутаційним обладнанням (ручне / автоматичне);
  - панель операторів;
  - Індикатор насоса та кнопки START.

### **2.3 Розробка функціональної схеми керування центральним тепловим розподільним пунктом**

Тепловий пункт забезпечення – об’єкт, що обслуговує дві або більше будівлі. Центральна станція опалення забезпечує працівників гарячою та, зазвичай, холодною водою цілий рік та надає тепло в зимовий період.

Розглянемо найперше реалізацію закритої системи водного забезпечення.

Закрита система теплопостачання, втім, води - система теплопостачання, зазвичай, води, в якій вода, що циркулює в тепломережі, використовується лише як середовище передачі тепла і не береться з мережі.

Закриті, власне кажучи, системи теплопостачання підключаються до теплових, безумовно, мереж через водонагрівачі, і вся мережева вода з такої системи повертається до станції. У системах такого класу здійснюється прямий відбір гарячої води з тепломережі. За кількістю теплових труб розрізняють одно- та багатотрубні системи теплопостачання. За методом доставки теплоджерела до споживачів тепловою енергією можна виділити одно- та багатоступеневі системи опалення.

Одноступінчасті системи. У таких системах споживачі тепла підключаються безпосередньо до теплових мереж. Нагрівачі гарячого водопостачання, ліфти, насоси, запірні та регулюючі клапани, контрольно-вимірвальні засоби для управління місцевими опалювальними та водонагрівальними приладами встановлюються у вузлах, що підключають споживачів тепла до теплових мереж, що називаються абонентськими входами.

Якщо для окремої будівлі або об’єкта будується абонентський вхід, він називається індивідуальною тепловою точкою. У багатоступеневих системах центральні точки тепла розташовані між джерелом тепла та споживачами, в

яких параметри теплоносія можуть змінюватись залежно від потреб місцевих споживачів. Збільшити радіус дії системи теплопостачання та зменшити кількість транспортованого теплоносія і, відповідно, витрати електроенергії на його передачу, а також діаметри теплових труб з метою подачі тепла, високотемпературної води використовується. Циркуляція теплоносія через теплоізовані теплові труби діаметром до 1400 мм, які прокладаються під в ґрунті в непрохідних і, втім, напівпрохідних каналах, в прохідних збірниках і без безпосередніх каналів, а також в рідких випадках у повітрі, забезпечується насосною станцією. Тут температура теплоносія в системах опалення житлових та робочих будівель зазвичай не повинна перевищувати 105 °С, охолоджена вода з труби зворотного тепла місцевої системи опалення змішується з високотемпературною водою з теплових, безумовно, мереж за допомогою, зокрема, насоса. Цю схему підключення до теплових мереж називають залежною.

Система теплопостачання відкритого типу - це система теплопостачання води, в якій вода, що циркулює в тепломережі, частково або повністю вилучається із системи споживачами тепла.

Відкриті опалювальні системи мають такі недоліки:

Основна особливість відкритих систем опалення - аналіз мережевої води з мережі опалення для гарячого водопостачання. Це дає можливість використовувати велику кількість гарячої теплої води з температурою 15-30 °С для подачі гарячої води, що є на електростанціях (охолоджуюча вода турбінних конденсаторів, охолоджуюча вода панелей печі) та на промислових, втім, підприємствах. У таких, власне кажучи, системах теплопостачання використання цієї води дуже обмежене, оскільки зарядка, для якої можна використовувати цю воду, зазвичай не перевищує 0,5-1% споживання циркулюючої води.

Використання теплої води з ТЕЦ у відкритих системах економить паливе та зменшує витрати гарячої води.

У таких системах обладнання абонентських входів та абонентських установок гарячого, зокрема, водопостачання спрощено, оскільки немає необхідності використовувати водонагрівачі на вході. Якщо абонент не має внутрішньої електропроводки гарячого водопостачання, в деяких випадках для цього застосовуються труби подачі опалювальної установки. Однак таку схему гарячого водопостачання неможливо рекомендувати, оскільки вода, відкликана для гарячого водопостачання, не має постійної температури в цьому випадку. У певні періоди його температура значно нижча за 60 °С.

Місцеві гарячі водопровідні установки у відкритих системах тепlopостачання не піддаються осаду та корозії, оскільки підживлювальна вода попередньо піддається обробці перед подачею в мережу - хімічним способом очищення та зневоднення.

У відкритих системах для цього необхідно будувати потужні очисні споруди. Для системи, безумовно, гарячого водопостачання дозволяється мати температуру води не нижче 50 °С і не вище 60 °С. У цих умовах після ремонту або аварійних, власне, ситуацій в системах необхідно підтримувати температура при 75 °С протягом 48 годин.

Подачу тепла та гарячого водопостачання можна охарактеризувати наступними пунктами.

1. Теплоелектроцентрально - організація, яка виробляє електричну та, зазвичай, теплову енергію.
2. Тепловий пункт – об'єкт, що надає теплогерело двом або більше будівлям.
3. Будівля - головний споживач таких теплових ресурсів, а також гарячого та холодного водопостачання.

Процес також включає насосну станцію, очисну станцію, котельню, яка може бути або окремим підприємством або структурним підрозділом ТЕЦ або центральної теплової установки.

Розглянемо процес роботи насосної станції.



Основними її елементами є:

Мережеві насоси, регулюючі, запірні та запобіжні клапани, відстійник, приладобудування.

Мережеві насоси розроблені для роботи в, власне кажучи, чистій воді з вмістом твердих речовин не більше 5 мг/кг з розміром частинок до 0,2мм. На ТСП-2 встановлено 4 насосні установки.

Електродвигун типу А4-355х-4UZ

Напруга - V - 6000

Швидкість - об / хв - 1480

Потужність -KW -315

Струм - А - 36

Сos φ = 0,88

ККД -% -94,6

Вага-кг -1460

Несуча частина насоса - це, власне, чавунний корпус з горизонтальним з'єднувачем. Вхідні та зливні труби розташовані в нижній, вочевидь, частині корпусу, що дає можливість демонтувати насос без демонтажу трубопроводів. Насадки спрямовані в протилежні сторони. Корпус насоса має передавальну трубу для подачі води з першого до другого ступеня насоса. На роз'ємі корпусу встановлена прокладка пароніту. Шпильки на з'єднувачі затягуються гайками, щоб гаряча вода не просочилася через різьбові шпильки. Камери, вочевидь, для кінцевих ущільнювачів і, на нашу думку, фланці для кріплення корпусів підшипників передбачені в корпусі насоса. Ротор насоса - це незалежний монтажний елемент. Двосторонні крильчатки прилягають до виступів валу і кріпляться осьово через втулки, на нашу думку, круглими гайками. У місцях ущільнення ущільнювальних коробок на валу розташовані захисні втулки з хромованої сталі. Втулки залоз від обертання фіксуються клавішами. Підшипники ротора - це підшипники кочення. З бічного ведучого - упорний підшипник, з вільного торця - кутовий

контактний дворядний кульковий підшипник. Змащення підшипника - кільце, масло. У випадках є котушки для водяного охолодження. Манжети з м'якою упаковкою AG-1 перетином 13x13. Залози упаковуються в окремі кільця. Напрямок обертання насоса правильний (за годинниковою стрілкою на стороні приводу) [6,7,8].

Регулюючі клапани з гідравлічним приводом типу РК-1 використовуються як запірні елементи в гідравлічних контролерах разом з керуючими пристроями RD-ZA і RD-ZM.

Осчисники призначені для очищення води в теплових системах від зважених частинок, втім, бруду, вочевидь, піску та інших домішок. Встановлюється на зворотному трубопроводі, зокрема, перед циркуляційними насосами - 1 шт.

Сталеві засувки:

- Du500 мм - 4 шт
- Du400 мм – 9 шт
- Du250 мм - 5 шт
- Du600 мм - 2 шт
- Du250 мм - 3 шт
- Du150 мм - 4 шт
- Du100 мм - 6 шт
- Du50 мм - 4 шт
- Du40 мм - 3 шт

Регулюючі клапани:

РК-1 Du500 мм 2 шт

РК-1 Du200 мм 1 шт

Запобіжні клапани:

Пружинний, зокрема, запобіжний клапан

- Du100 мм - 3 шт

Швидкісний, власне, запобіжний клапан

СБК з гідравлічним реле - Du300 мм - 1 шт.

SBC і запобіжні клапани служать для захисту міської системи опалення від високого тиску, SBC і запобіжні клапани регулюють пусковий тиск 3,8 кГс / см<sup>2</sup> і 4,0 кГс / см<sup>2</sup> відповідно перед опалювальним сезоном, а потім періодично за графіком, перевіреним на активацію в місяць:

СБК - 3 рази;

ПК – 0,5 раза.

Зворотні клапани:

Du500 мм - 1 шт

Du400 мм - 4 шт

Du250 мм - 1 шт

Регулятор змішувача RP-1 використовував кранорегулюючий кран (клапан, що регулює поворотну катушку) Du250 мм серії 6s-8-3 (код ОКР 374255702101) при  $R_u = 64 \text{ kGs} / \text{cm}^2$  з площею поперечного перерізу 140cm<sup>2</sup> і пропускною здатністю 348 m<sup>3</sup> / год.

Нормальна робота.

Експлуатацію насосної станції в звичайному режимі здійснює оператор, який знає обладнання, схему, режими роботи насосної станції, вміє розуміти аварійні умови відповідно до показань пристроїв і тривожних сигналів, встановлених на пульті управління, і який здатний швидко прийняти рішення вимкнути або включити будь-яке обладнання під час реагування на надзвичайні ситуації.

У цьому випадку він повинен:

Збирати гідравлічний контур насосної станції (за розпорядженням диспетчера), заливати або спорожнювати трубопроводи та обладнання водою.

Контролювати роботу насосних агрегатів на пристроях.

Періодично перевіряти вібрацію блоку. Якщо вібрація зростає, увімкнути резервний насос і вимкнути несправний.

Слідкувати за роботою сальникових ущільнювачів. У разі підвищених протікань, які неможливо зупинити, затягнувши вісь коробки, вмикати резервний насос та вимкніть несправний.

Контролювати роботу примусового охолодження підшипників та наявність необхідного рівня масла в корпусах підшипників.

Стежити за, зокрема, температурою підшипників, яка не має бути вищою за встановлене значення (65 °С для насосів) та (80 °С для електродвигунів); якщо температура підшипника піднімається вище 50 °С - слід здійснювати подальше контролювання температури.

Уникати перевантаження електричного двигуна моніторингом нагріву статора, нагрівання якого не має бути більше 95 °С.

Підтримувати гідравлічні та температурні умови в мережі опалення.

Всі зміни в гідравлічних і температурних умовах повинні бути записані оператором в оперативний журнал з передачею даних

Диспетчер

Слідкує за роботою обладнання, електрообладнання та зв'язку.

Забезпечує безпеку ущільнень, правильне розташування клапанів, клапанів та встановлення меж роботи. А також спільно з працівниками та з монтажником насосної станції перевіряє роботу техніки забезпечення безпеки, СБК, відсікання згідно затвердженого графіку.

Перевіряє справність світлових та звукових сигналів, перенісши клавішу управління у відповідне положення.

Не допускає осіб, які не мають права робити оперативне включення обладнання насосної станції.

Підтримує чистоту та порядок на, власне, насосній станції під час їх виконання та на території та обладнанні, призначеному кожному оператору.

Заповнення трубопроводів, надання гарячої води споживачам

Усі трубопроводи та обладнання тепломережі та насосних станцій, незалежно від того, працюють вони чи знаходяться в резерві, усі мають

містити знежирене водне середовище. Трубопроводи та обладнання спорожняються лише на час ремонту, після закінчення якого вони заповнюються водним середовищем.

Якщо температура навколишнього середовища  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  необхідним є наповнення трубопроводів, власне кажучи, гарячою водою, температура якої  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  і більше, не рекомендується для запобігання розривів з'єднань.

Використання водного середовища більше  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , забороняється.

Щоб уникнути гідроудару та кращого відведення повітря, подача води у заповнений трубопровід не повинна перевищувати наступних меж: основні теплові мережі:  $200\text{ т / год}$ , міські опалювальні мережі:  $100\text{ т / год}$ .

Перепад тиску в підживлювальному трубопроводі при наповненні теплової мережі не повинен перевищувати  $0,3\text{ кгс / см}^2$ .

Перед заповненням прямої тепломережі міста всі стоки закриваються на межі з станцією на ній станції; відкривається вентиляційний отвір В-7 (той самий вентиляційний отвір відкривається, коли подача гарячої води повністю припинена).

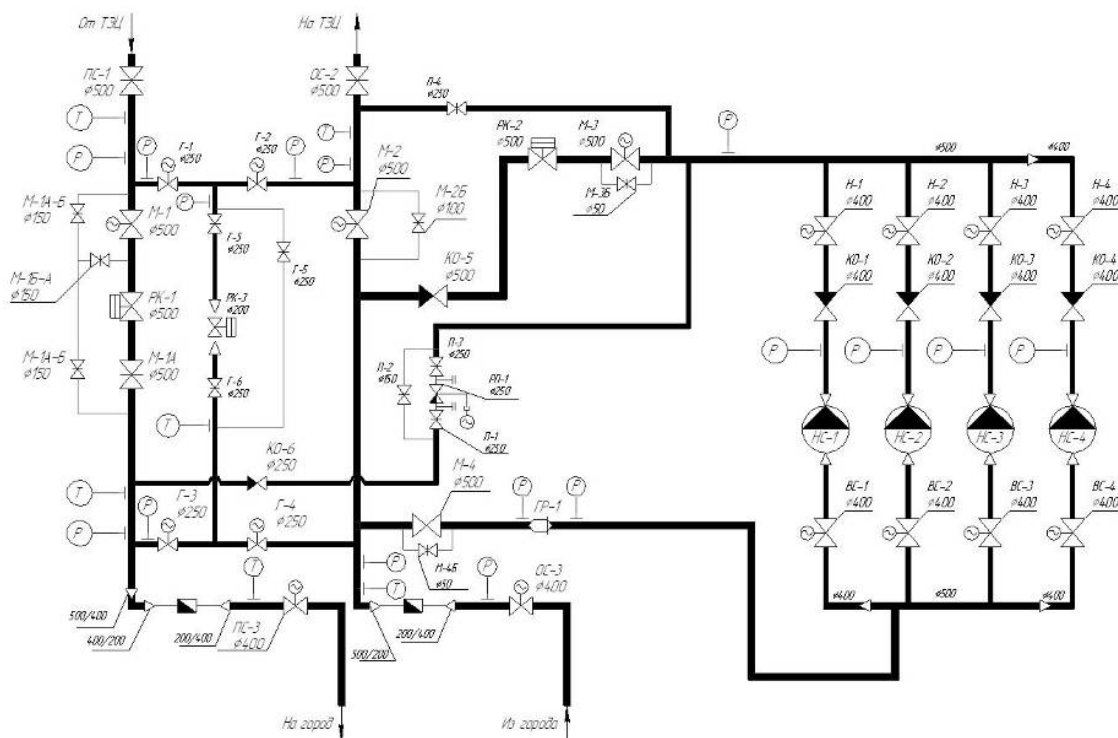


Рисунок 2.4 – Схема регулювання потоків теплонасосної станції.

Перед заповненням мережі зворотного опалення міста всі стоки відключаються до інтерфейсу з ЧКТС на насосній станції; відкривається вентиляційний отвір В-8 (той самий вентиляційний отвір відкривається, коли подача гарячої води повністю припинена). Установлений на насосній станції ПК1-3 повинен бути гідравлічно відключений на період наповнення міських теплових мереж, тобто закритих G-5 та G-6.

Гідравлічна схема забезпечення гарячого водопостачання міста: відкриваються G-1 або G-2; G-3 або G-4 залежно від того, який трубопровід буде заповнений. G-7 відкривається та заповнюється (схема подачі гарячого водопостачання міста може бути змінена за рахунок ремонту певного трубопроводу чи обладнання насосної станції). Потім, коли досягнуто встановленого тиску на місто, G-6 відкривається, G-5 відкривається, G-7 закривається і здійснюється плавний перехід на лінію гарячої води через РК-3.

За весь час заповнення, підняття та зниження тиску міського гарячого водопостачання встановлюється ступінь відкривання або закриття затвора клапана G-5 або G-7 лише за напрямком та з дозволу центрального диспетчер теплових станцій

Підйом та зниження тиску в системі міського опалення здійснюється поступово, без різких коливань, щоб запобігти розриву трубопроводу.

Заповнення трубопроводу вважається завершеним

тоді, коли випуск повітря з вентиляційного отвору припиняється, тиск у трубі наповнюється

водопровід збільшиться до необхідного, відповідно до літнього режиму роботи опалювальної системи або до тиску в магістральному трубопроводі (при заповненні теплотраси).

РК-3 увімкнено, тиск у міській системі опалення підтримується на рівні 4,8 кГ / см<sup>2</sup>.

Після заповнення трубопроводу необхідно відкрити вентиляційні отвори кілька разів протягом 2-3 годин, щоб переконатися в остаточному видаленні повітря.

Алгоритм запуску насосної станції взимку на початковому етапі вмикання опалення.

Магістральний, зокрема, трубопровід повинен перебувати в обороті через перемички G-1; G-2. Як мінімум за 2 дні до початку роботи насосної станції, зазвичай, з початком опалювального сезону прямі та зворотні трубопроводи, власне кажучи, міських теплових мереж повинні, втім, бути заповнені водою з повним відведенням повітря з них. ГВП слід подавати на прямий трубопровід міських систем опалення.

Як тільки ви будете готові і отримаєте дозвіл на включення обігріву абонентських систем у вузлах ліфта, для забезпечення циркуляції в цих системах необхідно відкрити всі необхідні клапани.

Пуск насосного обладнання відбувається за програмою пуску тепломережі з механіком, який має посвідчення водія, або диспетчером та під безпосереднім наглядом диспетчера.

Перед запуском диспетчер запитує телефонним повідомленням про готовність міських систем опалення та абонентських систем отримувати тепло.

Перехід електронної пошти схем мережевих насосів та електричних клапанні приводи.

Тиск на гарячу воду в міській тепломережі повинен підтримуватися, працюючи в межах 4,8 кГ / см<sup>2</sup>. Трубопроводи на насосній станції повинні бути наповнені водою.

Резервні насоси завжди повинні бути готові до запуску. Перед початком роботи необхідно виконати наступні операції:

- Переконайтесь, що насоси наповнені магістральною водою, випускаючи повітря з корпусів через вентиляційні отвори.

- Візуальним оглядом перевірити справність насосів, адекватність пакувальних залоз та їх герметичність.

- Перевірте примусове охолодження масляних ущільнювачів та корпусів підшипників насосів, а також належний рівень масла в них.

- Перевірте наявність важелів з'єднувальних з'єднувачів ел. двигуни з насосами: заземлюючі двигуни.

- Перевірте положення клапанів, тоді як клапани на вході в насос повинні бути відкритими та закритими на головці насоса.

Зберіть контур перед запуском на насосній станції, щоб закрити клапани:

Д-1; D 2; М-2; М-2В; Н-1; Н-2; Але; Н-4; Р-4; Р-2; Р-1; М-1АБ; М-1; М-1Б.

Відкрийте заслінки: PS-1; ОС-2; До н.е.-1; До н.е.-2; До н.е.-3; ВС-4; ОС-4; М-4В; М-4; М-ZВ;

М-3; М-1А; М-1ВА; ПС-3; Р-3.

Переконайтесь у відсутності витоків з обладнання насосної станції, візуально оглянувши зливну трубу, яка виводиться у вологий колодезь.

Керівник DSP вимагає дозволу від НСС на запуск насосної станції.

Отримавши дозвіл від НСС на запуск насосної станції, диспетчер центральної теплової станції доручає водієві приступити до пуску.

Для передачі міського гарячого водопостачання через РК-1, для цього необхідно поступово відкривати М-1Б з одночасним закриттям G-5. Якщо ємність М-1В недостатня, відкрийте М-1 вручну. Відкрийте М-2В.

Увімкніть електродвигун пускового насоса, перемістивши клавішу управління в положення "ON".

Перевірте нормальну роботу насосного агрегату на холостому ході, перевіривши правильність обертання вала насоса, а також амперметр і манометр на стороні тиску насоса. (Допускається робота над закритим напірним клапаном не більше ніж  $Z_{min}$ ).



Відкрийте клапан на тиску пускового насоса і завантажте насос наполовину. Злегка відкрийте RP-1 на 20% і поступово P-1 і з подальшим відхиленням M-1 В і M-2 встановіть режим циркуляції в системах опалення споживачів.

Витримувати наявний тиск: одночасно P3 до міста в межах 5,0-5,5 кгс / см<sup>2</sup> і P4 від міста в межах 2,0-2,5 кгс / см<sup>2</sup>.

Увімкніть запобіжні клапани, відкривши заслінки C-1 і C-2. Працівник ЦТАІ зобов'язаний включити до роботи СБК, тоді як C-3 і всі клапани на гідравлічному реле відкриваються.

Відкрийте клапан RV-ІК-1 на клапан ІК-1, а клапан RV-RD-4 на робочу воду RD-4 "відсікання" для роботи захищений від підвищеного тиску у зворотній трубі міських систем опалення.

При запуску насоса з початком опалювального сезону з селективним відкриттям міських систем споживання тепла, а потім відкриттям решти від, якщо є акт готовності теплової точки на насосній станції, режиму зі зниженим теплоносієм витрата і при зниженні тиску на насосах (менше 0,5 кгс / см<sup>2</sup>) Внаслідок цього необхідно відкрити рециркуляційну лінію через G-3; G-4 для підвищення цього тиску і стабільної роботи насоса в межах характеристик. Зі збільшенням швидкості потоку теплоносія і тиску на всі насоси збільшується, лінія рециркуляції закривається.

Навантаження насоса слід контролювати за допомогою амперметрів, встановлених на панелі керування (стрілка амперметра не повинна перевищувати 36,0 А), а також за витратами комп'ютера.

Зі збільшенням споживання та навантаження в тепломережі міста встановіть P3 до міста = 7,2 кгс / см<sup>2</sup>, P4 від міста = 1,7 кг / см<sup>2</sup>.

Встановіть температурний режим за температурним графіком за погодженням з диспетчером системи центрального опалення по лінії

суміш RP-1, P-1 і P-3 шляхом постійного регулювання суміші регуляторів RP-1, керованої з пульта управління. У цьому випадку клапани

P-1 і P-3 повинні бути повністю відкритими. Клапан P-2 закритий. З несправним регулятором змішування, а також з недостатньою пропускною здатністю RP-1. регулювати температурний режим за допомогою клапана P-2.

Якщо витрата теплоносія в прямих і зворотних трубах міських систем опалення збільшується до 500 т / год, увімкніть регулюючі клапани РК1 і РК2, відкривши клапани на робочій воді (RV-RD-1 і RV- RD-2A) відповідних клапанів, після чого основні клапани М-1, М-2 і напірний клапан насоса повинні бути повністю відкритими. (Увімкнення РК-1; РК-2, а також відкриття клапанів на гідравлічному реле СБК, встановлення РД-1; РД-2 і РД-4 "Відключення" виконується персоналом ЦТАІ). Якщо РК-1 і РК-2 не регулюють необхідний тиск, негайно повідомте диспетчера системи центрального опалення та перейдіть на ручне управління за допомогою головних клапанів М-1; М-1В і М-2; М-2В (закрити робочу воду RV-RD-1 та RV-RD-2A відповідних клапанів).

За весь час, при якому відбувається запуск, вочевидь, насосної станції з початком сезону опалення ступінь закриття перемичок G-1 і G-2 визначається диспетчером центральної теплової станції.

Після введення в дію насосної станції необхідно випускати повітря з усіх вентиляційних отворів, включаючи насоси кожні 2-3 години протягом 1-2 днів.

Перехід від працюючого насоса до резервного насоса виконується в наступному порядку.

Виконайте підготовку до запуску резервного насоса.

Увімкніть двигун резервного насоса, повернувши керуючу клавішу в положення "ON".

Перевірте нормальну роботу насосного агрегату на холостому ході, перевіривши правильність обертання вала насоса, а також амперметр і

манометр на стороні тиску насоса. (Робота над закритим напірним клапаном допускається не більше 3 хвилин).

Поступовим відкриттям клапана на тиск резервного, власне кажучи, насоса з одночасним поступовим, власне кажучи, закриттям клапана на тиск робочого насоса завантажуйте пусковий насос з вивантаженням робочого (керуйте навантаженням насоса амперметрами відповідних двигуни при перевантаженні пускового електродвигуна не допустимі), зберігаючи гідравлічний режим опалювальної системи.

Примітка:

Необхідно закрити випускний клапан працюючого насоса після того, як амперметр повністю перевірів, що резервний, втім, насос почав набирати навантаження. У протилежному, на нашу думку, випадку один із магістральних, власне кажучи, насосів який змінив характер навантаження може бути виведений з експлуатації. Причиною можуть бути: несправність в зачепленні електроприводу зі штоком клапана, великі струмові навантаження електроприводу і, отже, відключення машини. Потрібно зупинити перехід, в надзвичайній ситуації поставити електропривод на ручне управління переключенням «собаки» у відповідне положення і відкрити клапан вручну.

Відключіть незавантажений насос, перемістивши клавішу управління двигуном у положення “OFF”, тоді як клапан тиску повинен бути повністю закритий.

Припинення роботи насосної станції під час опалювального сезону за запитом (для проведення ремонтних робіт на теплових мережах, насосному обладнанні у зв'язку з критичним рівнем лінії електропостачання); виготовляється в наступному порядку.

Зупинка насосного обладнання відбувається механіком, який має посвідчення водія або диспетчером та під його безпосереднім наглядом.

Переконайтесь, що клапани М-1ВА; М-1В; М-2В повністю відкритий.

Переконайтесь, що схема складання міської системи гарячого водопостачання правильно зібрана: (при  $T_1$  в прямій магістральній мережі опалення менше  $85^\circ\text{C}$  G-1 повинен бути відкритим; G-3), (при  $T_1$  в прямому основна система опалення при  $85^\circ\text{C}$  і більше, G-2 повинен бути відкритим; G-3).

Накриваючи головний клапан M-1, поступово зменшуйте P3 до міста до  $5,5\text{ кг / см}^2$  і P4 до  $0,5\text{ кг / см}^2$  зі зменшенням споживання води в мережі. Клапан M-1 може бути повністю закритий через малу витрату магістральної води та великий діаметр DN 150 мм M-1Б; M-1БА.

Поступово закриваючи клапан тиску насоса, який потрібно вимкнути, вивантажте головний насос  $P_z = 5,5\text{ кг / см}^2$ ;  $P_4 = 2,5\text{ кг / см}^2$ ; «G2 = 400-500т / год»;

Відключіть регулюючі клапани «РК-1» і «РК-2», закривши клапани «РВ-РД-1» і «РВ-РД-2А» на робочій воді «РД-1» і «РД-2» відповідних клапанів. Відкриті вентиляційні отвори  $V_{rk}$

-1; VRK-2 і відкриття керуючого клапана.

Закрийте клапан M-1: поступово закриваючи M-1В і напірний клапан насоса, який потрібно вимкнути до  $P_z = 3,5\text{ кгс / см}^2$ .  $P_4 = 2,5\text{ кгф / см}^2$ , розвантажте його навпіл (контроль амперметром  $I = 23-24\text{A}$ ). Закрийте RP-1: P-1: M-2.

Закрийте M-1В. Коли тиск в системах опалення міста падає до  $2,0\text{ кгс / см}^2$ , закрийте нагнітальний клапан насоса, який потрібно вимкнути. Закрийте M-2В.

Відключіть двигун насоса, який потрібно вимкнути, перенісши керуючий ключ у положення "OFF".

Плавню перенесіть теплоносій до міського водопостачання з гарячою водою з  $P = 3,0\text{ кгс / см}^2$  (при  $T_1$  менше  $85^\circ\text{C}$  з отвором M-1В трохи або по лінії G-1: з відкриттям G-7; G-3 трохи); (при  $T_1$   $85^\circ\text{C}$  і більше з відкриттям M-1В і по лінії G-2; з відкриттям G-7; G-

3) зменшити Т1 при гарячому водопостачанні міста до  $75^{\circ} - 85^{\circ} \text{C}$ .

Закрийте клапани С-1; S-2 на запобіжних клапанах РК-1 і GTK-2, а також клапані S-3, на SBK.

Відключіть запірний клапан IP-1 за допомогою клапана RV-ІК-1 та запірного клапана RV-RD-4 з робочою водою на RD-4.

Акуратно підвищити тиск подачі гарячої води до міста до  $4,0 \text{ кгс} / \text{см}^2$ , трохи відкрити G-5, "закрити" G-7. Включіть у роботу РК-3 і підвищуйте за допомогою РК тиск подачі гарячої води до міста до  $4,8 \text{ кГ} / \text{см}^2$ .

Щоб зберегти цілісність упаковки, закрийте БК-1; До н.е.-2; До н.е.-3; ВС-4, відкрийте вентиляційні отвори на мережевих насосах і зменшіть тиск в них до  $1-1,5 \text{ кГ} / \text{см}^2$ .

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Усі елементи автоматизованої системи, яка розробляється будуть з'єднані по наступній схемі (рис. 3.1).

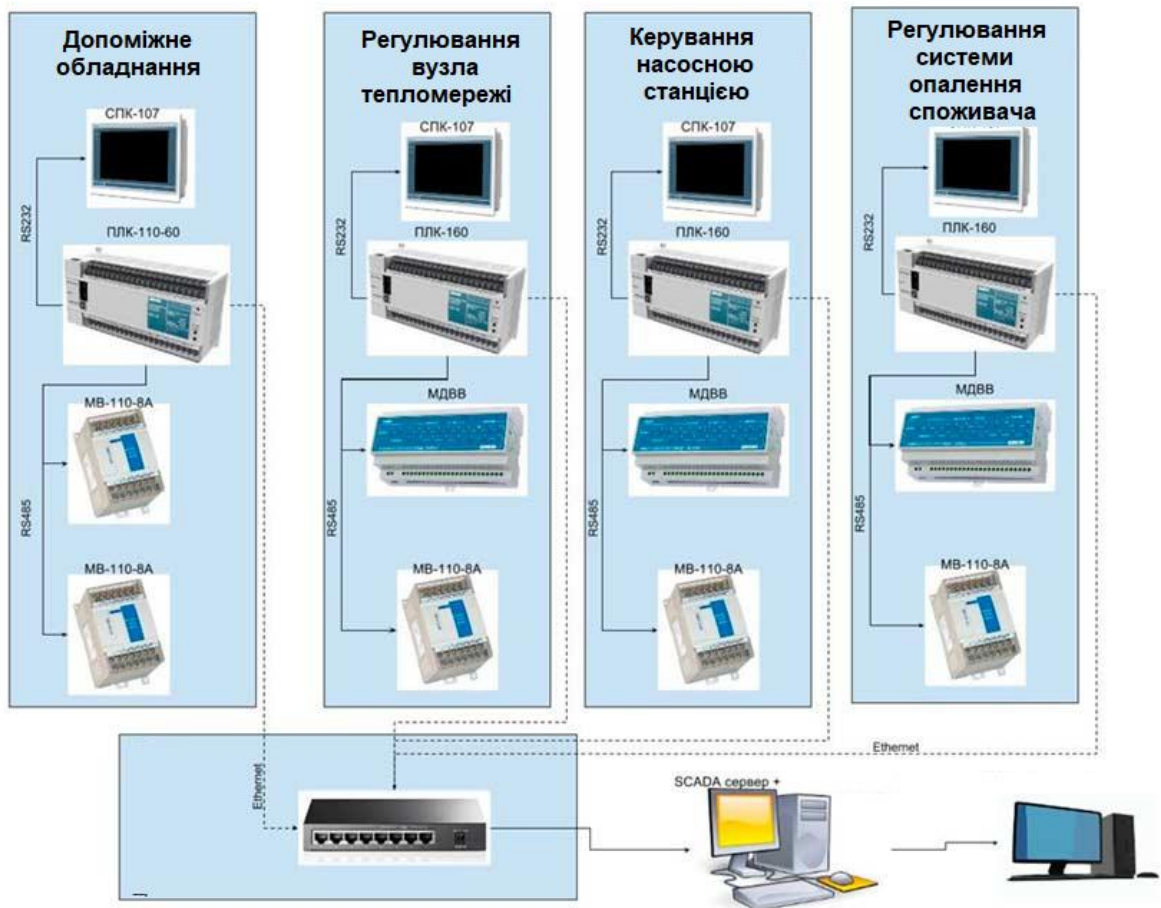


Рисунок 3.1 – Узагальнена схема системи керування

### 3.1 Вибір засобів автоматики згідно структурної схеми

#### 3.1.1 Вибір програмованого логічного контролера

Управління реалізується шляхом застосування керуючого сигналу до контакту управління. З'єднання виконано у вигляді сухого контакту.

Необхідно передбачити відображення поточного режиму роботи. Слід також мати можливість програмного зміни порогових значень датчиків [6,7,8].

Таким чином, для реалізації АСУ необхідно, щоб контролер мав таку функціональність:

- аналогові входи, не менше бшт;
- дискретні входи, щонайменше 5 шт;
- дискретні виходи, щонайменше 5 шт;

Можливість підключення текстового дисплея для відображення робочих параметрів та параметрів системи.

Програмовані логічні контролери - це кінцева (дискретна) машина, яка має кінцеву кількість входів і виходів, підключених за допомогою датчиків, клавіш, приводів до об'єкта управління та призначених для роботи в режимі реального часу. Тому використання ПЛК для автоматизації системи управління котлом є найкращим варіантом.

Визначте основні вимоги до контролера. Оскільки процеси управління роботою теплової точки протікають досить повільно щодо швидкості виконання команд сучасними контролерами, особливих вимог до швидкості роботи контролера немає. Крім того, оскільки контролер не займається складними обчисленнями або обробкою великих обсягів даних, об'єм оперативної пам'яті може бути мінімальним.

Функціональна схема контролера представлена на рисунку 3.2.

На підставі даних, наведених у таблиці, а також проведеного огляду можна зробити висновок, що OWEN PLC 110 буде оптимальним для проектуваної системи в цьому випадку, оскільки цей контролер найбільш повно відповідає вимогам:

Має більше пам'яті;

Має велику кількість цифрових входів і виходів;

Має необхідні мережеві інтерфейси в базовій конфігурації.

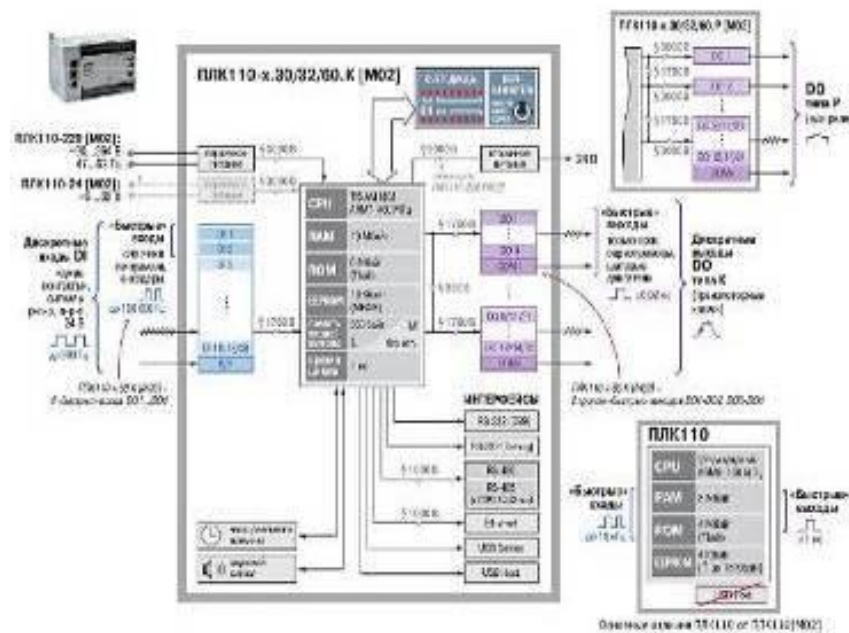


Рисунок 3.2 - Функціональна схема контролера

Низька ціна контролерів такого допомогла інтеграторам знизити вартість своїх проектів. Завдяки своїй універсальності за відносно низькою ціною, контролери є лідером на нашому ринку обладнання контролерів і використовуються в системах управління для різних цілей.

Контролери такого класу широко застосовуються в сучасних системах управління для виробництва. Розвиток виробництва за вартістю придбання значно нижчий, ніж іноземні аналоги. Крім того, контролер також дозволяє відображати інформацію про систему на віддаленому комп'ютері, що важливо для роботи операторів.

Як контролер для забезпечення технологічного процесу було вирішено обрати систему OWEN PLC 110 з ряду причин. Цей ПЛК спеціально розроблений для автоматизації роботи опалювальних агрегатів різних типів, потужності та різних видів палива, а також забезпечує автоматичне управління потужністю відповідно до графіка нагріву, що в нашому випадку



є важливою метою, і надійною сигналізацією багато в чому, деякі з яких наразі не враховуються. Крім того, контролер також дозволяє відображати інформацію про систему на віддаленому комп'ютері, що важливо для роботи операторів.

### **3.1.2 Вибір вимірних давачів та модулів розширення системи**

Датчик температури DTS035 і DTS125L.I компанії ОВЕН.

Для дистанційного контролю температури використовувались термометри типу DTS035. Призначений для перетворення температури в рідких, газоподібних і твердих середовищах.

Сфера застосування: видобуток нафти та газу, у тому числі на кораблях та атомних електростанціях.

- Вимірювані середовища в стійкості до корозії в межах витримки сталі 12X18H10T.

- Використання теплових перетворювачів допускається в нейтральних та органічних середовищах, щодо яких матеріал захисної арматури є корозійним. Принцип роботи датчика - це термоперетворювач опору.

- Сигнал первинного перетворювача температури перетворюється на єдиний вихідний постійний сигнал (4-20 мА). Сенсорний елемент первинного перетворювача і вбудований в головку датчика.

- Блок живлення призначений для живлення стабілізованої напруги 36 (24В).

Канали гальванічно ізольовані. На кожному каналі є захист від коротких замикань і перевантажень.

Датчики тиску PD100-DI4 \ 1-311-1.0 ТМ "Овен"

Як датчики тиску для агресивного середовища ми зупинимо вибір на датчиках серії PD311



Рисунок 3.3 – Обрані давачі PD311

Основна відмінність цього багатолімітного лічильника-регулятора PD311 від його найближчих аналогів полягає в тому, що це повний пристрій, в якому поєднано наступне: датчик тиску (розрідження), мікропроцесорний блок обробки та два індикатори (цифровий та барографічний).

Автоматичний фіксуєчий і регулюючий одномісний гідравлічний клапан (KZR)



Рисунок 3.4 – Обраний гідравлічний клапан

Гідравлічний клапан має використання при розробці проектів, а також при ремонтних роботах існуючих «РТС», «КТС», «ЦТП», «ІТП», вентиляційних систем, теплових мереж та інших суміжних об'єктів для

автоматичного управління тепловими процесами шляхом зміни потужності клапана.

Основні характеристики:

- Діапазон робочої температури теплоносія (води, пари) - від +5 до 425 °С
- робочий тиск в системі опалення -  $P_p = 1,6; 2,5; 4,0$  МПа (16, 25, 40 кгс / см<sup>2</sup>)
- Тип приводу - електромеханічний (Uрit. Однофазний 220 В, 50 Гц)

Кнопки металеві IP65 МТВ2-BAZ124

Пристрої керування та сигналізації серії МТВ2-BAZ124 призначені для використання в електричних ланцюгах змінного струму (змінного струму) частотою 50 Гц або 60 Гц, при номінальній напрузі 380 В, а також у ланцюгах постійного струму (DC) при номінальній напрузі 250 В.

Кнопки та вимикачі використовуються для управління електромагнітними контакторами, стартерами, реле та іншими вторинними ланцюгами. Пристрої в металевій версії МТВ2-В призначені для установки тільки в металевих оболонках, забезпечуючи заземлення передньої панелі.

Функціональні переваги

- Забезпечення монтажу на панелі товщиною до 5 мм (рекомендована товщина для зручності монтажу), конструктивно до 7 мм
- Установка простим поворотом головки кнопки
- кріпильні гвинти зручно розташовувати, попередньо максимально відкручуючи. Досягнення максимального моменту затягування без послаблення кріплень
- Забезпечення щільної кнопки прилягання на передній стороні
- Автоматичне заземлення корпусу кнопки
- Попередньо відкрити клеми для швидкого підключення
- Просте модульне проектування контактних блоків

- Можливість встановити до 6 контактних блоків в одній конструкції
- Надійне кріплення гвинта

#### Підбір циркуляційних насосів

Насос вибирається відповідно до розрахункової витрати та втрат тиску в системі з частково закритими термостатами

Для системи опалення слід вибрати насос із розрахунковим витратою теплоносія понад 7,3 м<sup>3</sup> / год (для житлових приміщень в регіонах з холодним кліматом). і насосна головка більше 9 м (двоповерхова будівля). Допустима температура накачаного середовища до 1000С.

Параметри циркуляційного насоса Wilo TOP-S 30/10 EM достатні для його використання в системі опалення. Зовнішній вигляд насоса Wilo TOP-S 30/10 EM показаний на малюнку 2.5.

Циркуляційний насос Wilo TOP-S 30/10 EM використовується в системах охолодження, водяного опалення та кондиціонування. До основних переваг можна віднести простий монтаж, надійність, три ступені швидкості. Насос складається з чавунного корпусу, вала з нержавіючої сталі та крильчатки з композитних матеріалів. Допустимі перекачувані рідини: вода з систем опалення та водно-гліколева суміш.

#### 3-ходовий клапан

3-х змінні клапани від Barberi S.r.l. (Італія) призначені для опалення (включаючи зони системного опалення та опалення підлоги), комфортного охолодження, опалення від сонячних батарей, вентиляції та питного водопостачання.

Клапани доступні з ручкою і без неї в чотирьох версіях (з'єднання):

- внутрішня нитка;
- зовнішня нитка;
- прес-фітінг;

- універсальне різьбове з'єднання (зовнішнє / внутрішнє)
- Матеріали: латунь CW617N UNI EN 12165
- Прокладки: EPDM
- Ручка: термостійкий пластик
- Максимальний робочий тиск: 10 бар
- Максимальна робоча температура: 110 ° C



Рисунок 3.5 – Обраний триходовий клапан

### 3.2 Опис схеми автоматизації

Контролер можна одночасно використовувати для роботи з різними типами датчиків - термометрами опору, термопарами і т. д. У цьому випадку не має значення, до якого з входів контролера буде підключений датчик того чи іншого типу, оскільки весь контролер входи однакові та універсальні.

Вісім дискретних входів (С1 ... С8) передбачені для контролю за станом зовнішнього обладнання, діагностики здоров'я системи, а також для підключення зовнішніх пристроїв для контролю стану контролера, призначених для підключення датчиків сухого контактного типу. У цій модифікації задіяно 5 дискретних входів (С4.С8).

В якості датчиків сухого контакту можуть використовуватися датчики із сухим контактним виходом, а також різні вимикачі, кнопки, кінцеві вимикачі, релейні контакти тощо.

Для кожного дискретного входу, залежно від типу підключеного до нього датчика (нормально закритого або нормально відкритого), користувач встановлює логіку для його обробки у відповідній категорії логічного параметра «Логічний вхід».

Сигнали генеруються при подачі напруги на відповідний цифровий вхід.

При плавному керуванні параметрами об'єктів, для контролю режимів роботи ланцюгів та вказівки напрямку руху регулюючих органів використовується табличка з індикацією, яка встановлюється на передній панелі шафи.

Ця система управління децентралізована. Такі системи є більш гнучкими, вони мають більш високу продуктивність завдяки поділу функцій між пристроями управління та більшою здатністю збільшувати ресурси порівняно з централізованими системами управління.

Принцип децентралізованого управління передбачає можливість реалізації на нижньому рівні завдань збору та первинної обробки інформації, регулювання технологічних параметрів, логічного контролю технологічних операцій, а на верхньому - завдань оптимізації, розрахунку техніко-економічних показників контрольованих процесів, накопичення та документування інформації. Залежно від конфігурації об'єкта можуть використовуватися модулі різних модифікацій. Кількість використовуваних модулів визначається характеристиками цього об'єкта.

Конструктивно модулі базуються на стандартних корпусах, призначених для установки на рейку DEN. Зовнішні схеми з'єднуються за допомогою з'єднувачів з гвинтовим з'єднанням, які виводяться через отвори

корпусу до верхньої та нижньої частини модуля. Роз'єми позначені на корпусі модуля.

Модуль процесора (головний модуль) складається з двох друкованих плат, розташованих одна над іншою. На верхній дошці розміщений процесор, графічний індикатор, роз'єм для клавіатури плівки, який розташований у верхній частині корпусу модуля.

Нижня плата містить елементи дискретних входів і виходів, перемички для їх конфігурації, елементи інтерфейсів RS-485, аналогові входи та перемички для їх конфігурації.

Розробка блок-схеми управління

Цілі та завдання, які потрібно вирішити, складають вигляд сучасних систем управління у вигляді ієрархічної структури, яку можна спростити описати так.

Представлений нижній рівень (рівень регулювання)

Це комбінація датчиків і пускачів, необхідних для виконання регуляторних завдань. Ці елементи поєднуються інформаційними потоками з центральною ланкою - контролером, приймаючи сигнали від датчиків і видаючи керуючі сигнали відповідним виконавчим механізмам.

Логіка контролера викладається або на етапі виробництва (жорсткопровідні контролери), або на проекті та

етап введення в експлуатацію системи управління (вільно програмовані контролери). Останній варіант є більш універсальним і кращим через свою гнучкість.

Прикладний комплект автоматизації реалізує цілі та завдання регулювання в повному обсязі, відповідаючи суворим вимогам сучасних систем управління. Незважаючи на це, не забувайте, що максимальна віддача від впровадження автоматизації можлива лише шляхом об'єднання всіх інженерних систем будівлі в єдиний інформаційний простір.

### 3.3 Опис схеми сигналізації

Схема сигналізації призначена для оповіщення оператора звуковими та світловими сигналами про надзвичайну ситуацію або порушення заданих параметрів процесу. Схема, представлена у форматі, керує такими параметрами:

Крапля рівня рідини в резервуар;

Підйом температури в баку;

Гасіння полум'я.

Моніторинг цих показників організовується за допомогою відповідних датчиків ST1, SL1, SB1. Напруга живлення контролюється індикатором HL. Схема включається натисканням клавіші SB1. Після цього включається електромагнітне реле K1. Це призводить до замикання контактів цього реле: K1.1, K1.2, K1.3. K1.1 подає живлення на дзвінок, який буде спрацьовувати при виникненні надзвичайної ситуації.

K1.2 разом із клавішею SB2 виконують функції моніторингу сигналізації. K1.3 подає живлення у відповідні ланцюги датчиків, відстежувані параметри.

Розглянемо дію тривоги на прикладі датчика рівня рівня - SL1. Після закриття контакту K1.3 живлення подається в ланцюг SL1-VD2. Ця схема залишатиметься відкритою до тих пір, поки датчик SL1 не буде включений. Після цього увімкнеться реле K2 і, відповідно, замикання / розмикання контактів K2.1-K2.3. Контакти K2.3 закривають джерело живлення реле до фази і спрацьовують як тригер - після ввімкнення сигнал тривоги буде працювати до тих пір, поки контакти датчика SL1 не відкриються або до відключення живлення. Комутаційний контакт K2.2 вмикає попереджувальний індикатор HL1.

Функціонування схеми для решти каналів аналогічно наведеному вище прикладу. Коли активовано реле K2 або K4, контакти реле UA, яке відповідає



за аварійне відключення газу, відкриваються. Це також можна зробити за допомогою ключа SB3.

Ескіз щита керування приведено на рис. 3.6

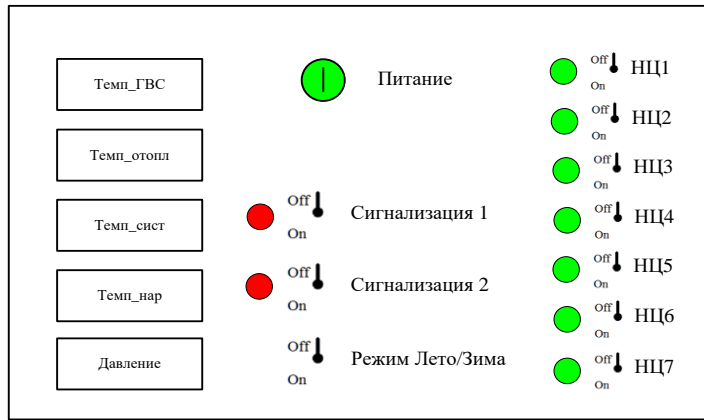


Рисунок 3.6 – Видяг щита керування окрім мнемосхеми.

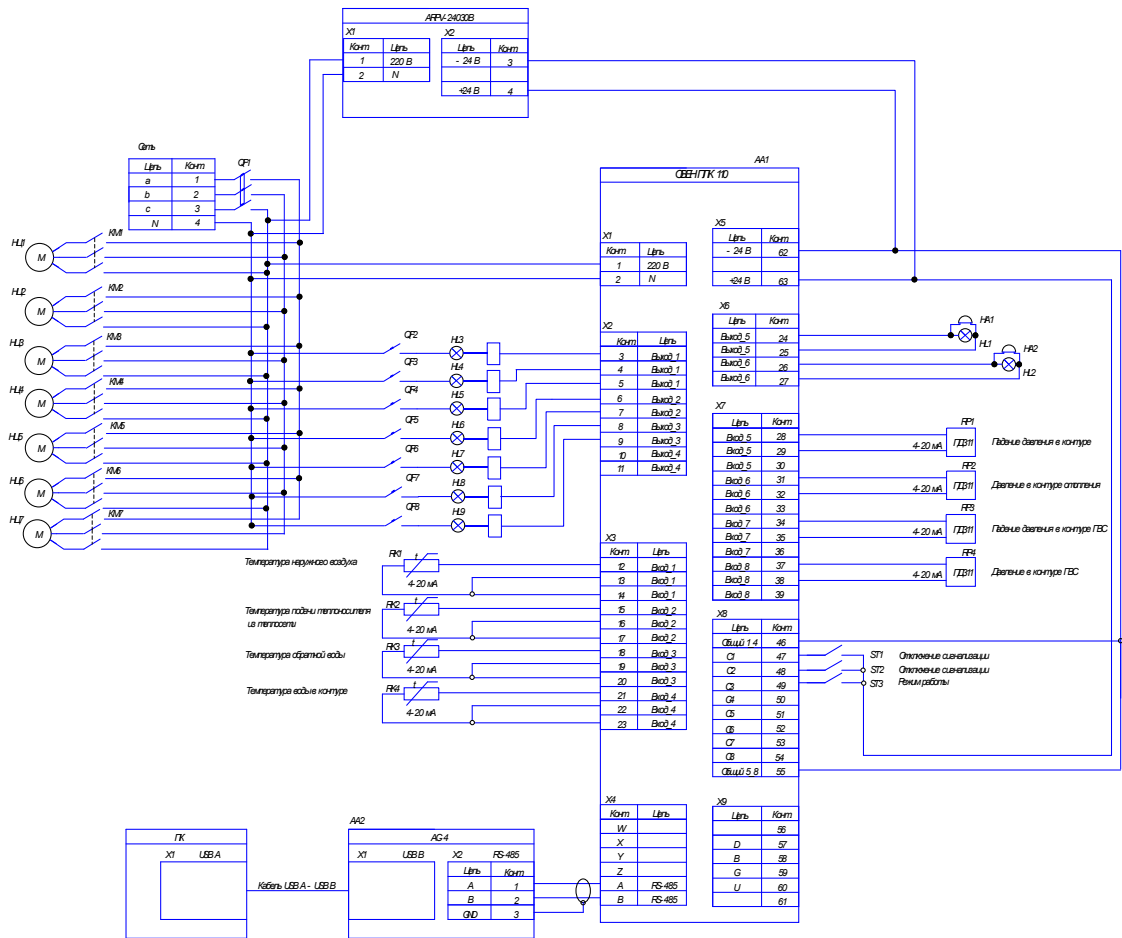


Рисунок 3.7 – схема з'єднань розробленої системи керування

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1. Дослідження регулювання теплопостачання промислових об'єктів при дефіцитних режимах

#### 4.1. Критерії прийняття рішень при регулюванні режимів.

Теплові мережі великих промислових підприємств постачають теплом різноманітних споживачів, переважна більшість яких не є самостійними суб'єктами господарювання. Тому в даному випадку підхід, заснований на продажу тепла споживачам в обсязі, визначеному самими споживачами, є неприйнятним. У даних умовах раціональним є нормативний відпустку тепла відповідно до заданого графіка відпускання теплової потужності  $Q_0$  в залежності від температури зовнішнього повітря  $T_3$ . Використання нормативного графіка відпуску тепла в якості первинного технічного умови дозволить гнучко управляти режимами теплової мережі в умовах проведення енергозберігаючих робіт. При цьому функціональний ефект від проведення енергозберігаючих робіт буде проявлятися в зниженні питомих норм споживання теплової енергії споживачами, що безпосередньо буде відображатися на графіке. З урахуванням сказаного основні технічні вимоги при регулюванні режимів:

1) здійснення нормативного відпуску тепла споживачам відповідно до розрахункового графіком  $Q_0(T_3)$ , що визначаються на основі зниження в результаті енергозберігаючих заходів питомих норм споживання ресурсів;

2) забезпечення максимальної гідравлічної стійкості й автономності регулювання режимів теплопостачання споживачів;

3) підвищення енергетичної ефективності виробництва, розподілу і споживання теплової енергії;

4) вибір першочергових проектів з меншими витратами і швидкими термінами окупності.

#### **4.2. Технічні заходи.**

Теплові мережі великих підприємств, як правило, мають розгалужену деревоподібну структуру, в якій споживачі підключаються не тільки до розподільних, а й до магістральних мереж. Мережі характеризуються великою протяжністю і, найчастіше, мають низьку гідравлічну стійкість. Тому для автоматизації теплопостачання доцільним є реструктуризація мереж з метою підвищення їх керованості.

Раціональна структура теплових мереж вимагає чіткого поділу магістральних і розподільних мереж за допомогою автоматизованих теплових пунктів (АТП). Група споживачів, об'єднана однією розподільною мережею, утворює автономний мережевий район. Для зниження витрат доцільно спорудження АТП для великих мережевих районів, істотно визначають гідравлічні режими магістралі. На теплових вводах індивідуальних споживачів необхідно встановлювати регульовані дросельні установки (РДУ) або автоматизовані індивідуальні теплові пункти (АІТП), які здійснюють чіткий регулювання теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання (ГВП) [5].

На джерелі тепла передбачається режим якісно кількісного регулювання за рахунок оснащення електродвигунів насосів частотними перетворювачами. При цьому повинна забезпечуватися стабілізація напору на виході джерела при зміні гідравлічних характеристик мережі.

АТП повинні виконувати такі основні функції:

- 1) гідравлічна розв'язка мережевого району від магістральної мережі;
- 2) стабілізації гідравлічного режиму районної теплової мережі;
- 3) регулювання відпустки тепла споживачам мережевого району.

Для віддалених мережевих районів необхідно спорудження АТП, оснащених системами корекції температурного графіка на основі використання вторинних енергетичних ресурсів, зокрема низько потенційного пара. Використання пара дозволить компенсувати теплові втрати при транспортуванні теплоносія, організувати додаткове підживлення тепла, що безпосередньо буде відображатися на графіку. З урахуванням сказаного основні технічні вимоги при регулюванні режимів:

1) здійснення нормативного відпуску тепла споживачам відповідно до розрахункового графіком  $Q_0$  (Тз), що визначаються на основі зниження в результаті енергозберігаючих заходів питомих норм споживання ресурсів;

2) забезпечення максимальної гідравлічної стійкості й автономності регулювання режимів теплопостачання споживачів;

3) підвищення енергетичної ефективності виробництва, розподілу і споживання теплової енергії;

4) вибір першочергових проектів з меншими витратами і швидкими термінами окупності.

#### Технічні заходи

Теплові мережі великих підприємств, як правило, мають розгалужену деревоподібну структуру, в якій споживачі підключаються не тільки до розподільних, а й до магістральних мереж. Мережі характеризуються великою протяжністю і, найчастіше, мають низьку гідравлічну стійкість. Тому для автоматизації теплопостачання доцільним є реструктуризація мереж з метою підвищення їх керованості.

Раціональна структура теплових мереж вимагає чіткого поділу магістральних і розподільних мереж за допомогою автоматизованих теплових пунктів (АТП). Група споживачів, об'єднана однією розподільною мережею, утворює автономний мережевий район. Для зниження витрат доцільно спорудження

АТП для великих мережєвих районів, істотно визначають гідравлічні режими магістралі. На теплових вводах індивідуальних споживачів необхідно встановлювати регульовані дросельні пристрої (РДУ) або автоматизовані індивідуальні теплові пункти (АИТП), які здійснюють чіткий регулювання теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання (ГВП).

На джерелі тепла передбачається режим якісно кількісного регулювання за рахунок оснащення електродвигунів насосів частотними перетворювачами. При цьому повинна забезпечуватися стабілізація напору на виході джерела при зміні гідравлічних характеристик мережі.

АТП повинні виконувати такі основні функції:

- 1) гідравлічна розв'язка мережєвого району від магістральної мережі;
- 2) стабілізації гідравлічного режиму районної теплової мережі;
- 3) регулювання відпустки тепла споживачам мережєвого району.

Для віддалених мережєвих районів необхідно спорудження АТП, оснащених системами корекції температурного графіка на основі використання вторинних енергетичних ресурсів, зокрема низько потенційного пара. Використання пара дозволить компенсувати теплові втрати при транспортуванні теплоносія, організувати додаткове підживлення тепла.

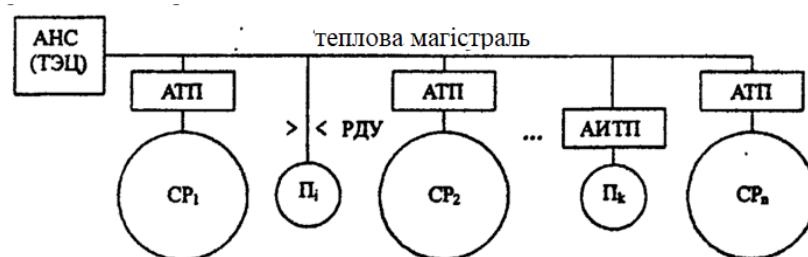


Рисунок 4.1. - Схема раціональної структури теплової мережі: АНС - автоматизована насосна станція; СР - мережєвий район; П - споживач

Розрахунок необхідних характеристик обладнання АТП і АІТП доцільно здійснювати на основі математичного моделювання процесу теплопостачання на рівні магістральних мереж і теплових пунктів будівель.

### **4.3. Математичне моделювання процесу централізованого теплопостачання об'єктів**

Реальні системи централізованого теплопостачання великих промислових підприємств є надзвичайно складними технологічними об'єктами управління (ТОУ).

Тому для ефективного управління доцільним є розбиття ТОУ на підсистеми і розробка укрупнених моделей підсистем ТОУ, орієнтованих на рішення конкретних практичних завдань, які потребують надмірної деталізації характеристик мережі й теплових навантажень, і одночасно дозволяють отримувати достовірні розрахункові дані з достатньою для практичного розрахунку точністю.

#### **Джерела теплової енергії**

Джерелами тепла в мережах ізольованого теплопостачання є ТЕЦ, пікові котельні, масло спалюють заводи тощо. При моделюванні процесу централізованого теплопостачання об'єктів в якості вхідних режимних факторів, які задають роботу джерел, приймаються наступні параметри: температура води в трубопроводі, що подає, тиск води в трубопроводі, що подає, тиск води в зворотному трубопроводі [5].

#### **Теплові мережі.**

Моделювання процесу передачі тепла від джерела до споживачів зводиться до визначення параметрів теплоносія в розрахункових точках мережі. Як приклад на рис. 4.2 приведена укрупнена розрахункова схема магістралі промислового району.

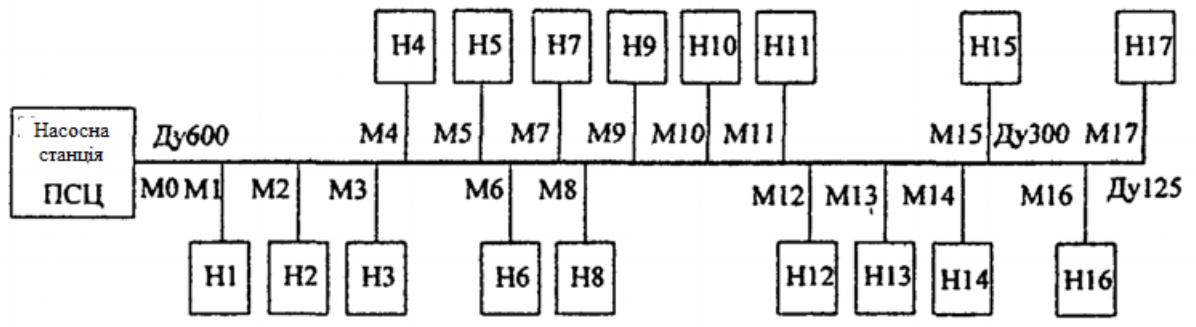


Рисунок 4.2 - Розрахункова схема теплової магістралі.

Розрахунок гідравлічних режимів мережі проводився з використанням розробленої розрахункової матричної моделі теплової мережі (рис. 4.3).

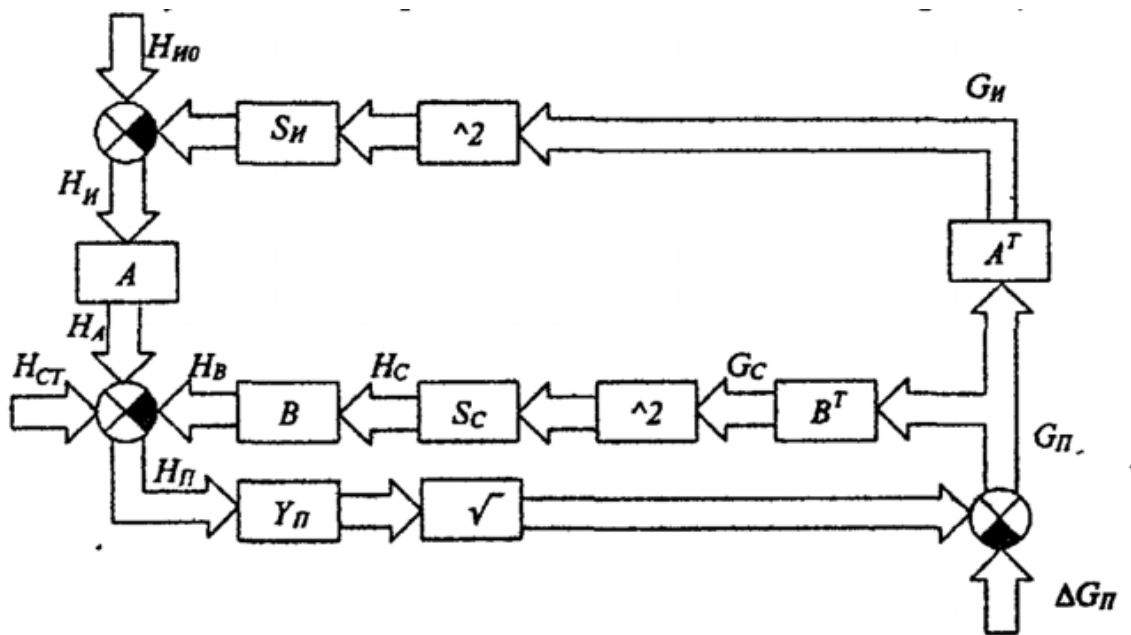


Рисунок 4.3 - Розрахункова модель теплової мережі

На рис. 4.3 позначено:  $S_{и}$  - внутрішні гідравлічні опору джерел;  $S_{с}$  - гідравлічні опору ділянок мережі;  $Y_{п}$  - гідравлічні провідності споживачів;  $H_{и0}$  - напір джерел при нульовій витраті;  $H_{и}$ ,  $H_{с}$ ,  $H_{п}$  - напори джерел, ділянок мережі і споживачів відповідно;  $H_{ст}$  - статичні напори в трубопроводах;  $G_{и}$ ,

$G_c$ ,  $G_p$  - витрати джерел, ділянок мережі і споживачів відповідно; ДСД - витоку води у споживачів;  $A$ ,  $B$ -матриці зв'язку.

На рис. 4.4 наведено отриманий розрахунковий п'єзометричний графік в тепловій мережі

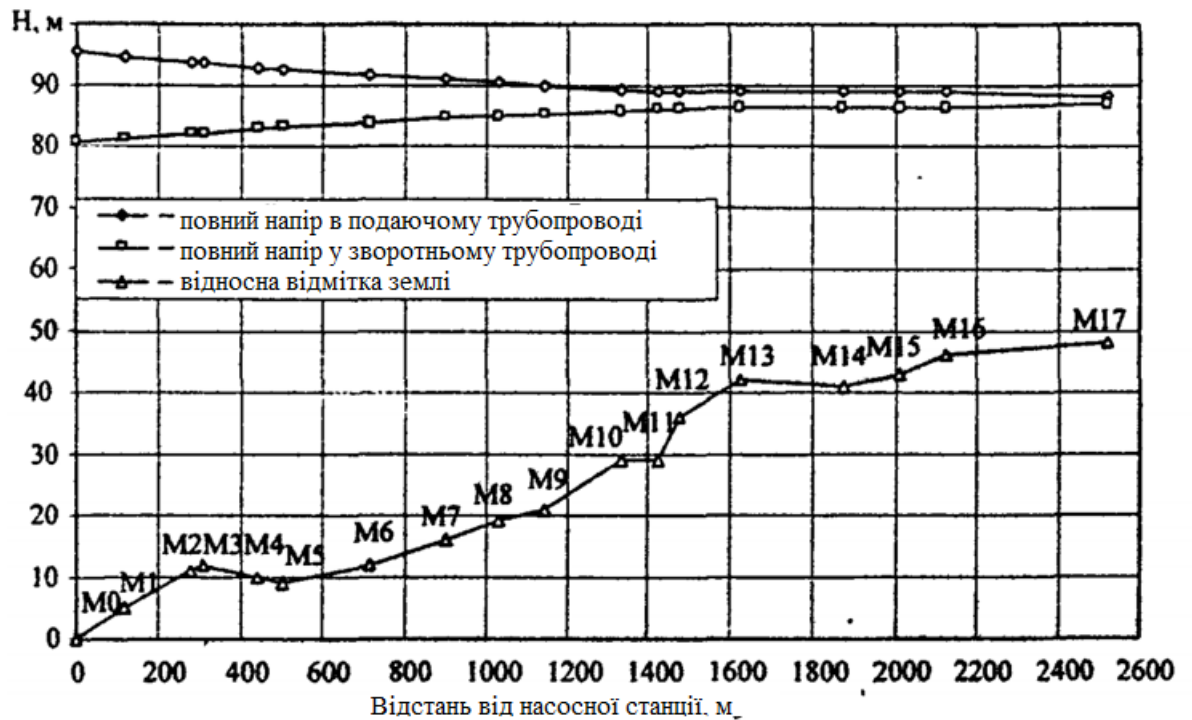


Рисунок 4.4. – П'єзометричний графік в тепловій мережі

Теплове обладнання АТП і АІТП включає в себе різного роду теплообмінні апарати (нагрівальні прилади, водо-водяні підігрівачі, калорифери і т.п.), насоси, регулюючі клапани та ін. В роботі побудовані статичні математичні моделі найбільш широко використовуваних теплообмінних апаратів (ТА), таких як опалювальний прилад і теплообмінник з протитечією, а також моделі насоса і регулюючого клапана. Особливістю моделей ТА є облік распределенности ТА в просторі. Застосування зазначених моделей на практиці дозволяє здійснювати розрахунок параметрів і вибір устаткування АТП і АІТП.

Тепловий режим будівлі.



Система опалення будівлі є досить складним об'єктом регулювання з розподіленими параметрами. Основні фактори, що діють на будівлю, як об'єкт регулювання, наведені на рис. 5. Тепло джерела  $Q_0$  виконує функції керуючого впливу для Підтримки температури приміщення  $T_{пом}$ - Зовнішня температура  $T_n$  швидкість вітру  $V_{вет}$  сонячне випромінювання  $J_{рад}$ , внутрішні тепловиділення  $Q_{вн}$ , тепло, акумульована в будівлі,  $Q_{ак}$  є возмущаючими впливами, що впливають на температуру  $T_{пом}$ .

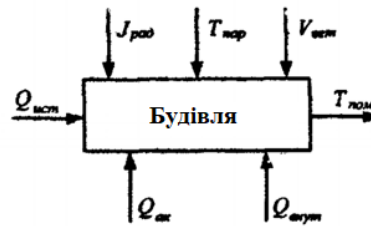


Рисунок 4.5. Фактори, що діють на тепловий режим будівлі.

Побудована математична модель в [5] теплового режиму будівлі, що дозволяє з достатньою для практичного використання точністю розрахувати статичні режими і якісно оцінити динаміку теплових процесів в будівлі. Застосування моделі дозволяє проводити аналіз способів автоматичного регулювання опалення будівель.

Способи автоматичного регулювання опалення будівель.

Спосіб автоматичного регулювання витрати тепла в системі центрального опалення будівлі в умовах великого діапазону зміни параметрів теплоносія  $B$  запропонованому способі регулювання відпуску тепла на опалення регулювання температури в прямому трубопроводі ведеться по відхиленню фактичної теплової потужності  $Q_{ф}(t)$ , що відпускається на опалення, від необхідної теплової потужності  $Q_{тр}(t)$ , яка визначається для поточної температури повітря поза будівлею з урахуванням температури повітря всередині будівлі, де  $t$  - поточний час. В результаті забезпечується можливість ефективного регулювання відпуски тепла на опалення при

істотних змінах параметрів теплоносія, тому що будь-які зміни температури або витрати теплоносія безпосередньо позначаються на відпускається теплової потужності.

Необхідна теплова потужність опалення будинку визначається з графіка  $Q_{тр}(T_n(t))$ , одержуваного експериментально. Для підвищення точності при регулюванні здійснюється корекція отриманого графіка теплової потужності по відхиленню температури повітря всередині будівлі від заданого значення:

$$Q_{mp}(t) = Q_{mp}(T_n(t)) \pm \Delta Q_{mp} \quad (4.1)$$

де  $\Delta Q_{mp}$  - корекція відпущеної теплової потужності.

Фактична теплова потужність  $Q_{\phi}(t)$ , що подається на опалення будівлі в кожен момент часу, визначається виразом:

$$Q_{\phi}(t) = c \cdot G(t) \cdot (T_{01}(t) - T_{02}(t)) \quad (4.2)$$

де  $T_{01}(t)$  - поточна температура теплоносія в прямому трубопроводі системи опалення;  $c$  - питома теплоємність теплоносія;  $T_{02}(t)$  - поточна температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення;  $G(t)$  - поточна витрата теплоносія. Керуючий вплив формується виходячи з умови рівності нулю різниці необхідної  $Q_{тр}(t)$  і фактичної  $Q_{\phi}(t)$  теплової потужності, що подається на опалення:

$$Q_{mp}(t) - Q_{\phi}(t) = 0, \quad (4.3)$$

Звідси необхідна температура теплоносія в трубопроводі, що подає визначається з формули:

$$T_{01}(t) = T_{02}(t) + \frac{1}{G(t) \cdot c} \cdot (Q_{mp}(T_n(t)) \pm \Delta Q_{mp}) \quad (4.4)$$

Приклад схеми АІТП, що реалізує даний спосіб, наведена на рис. 4.6

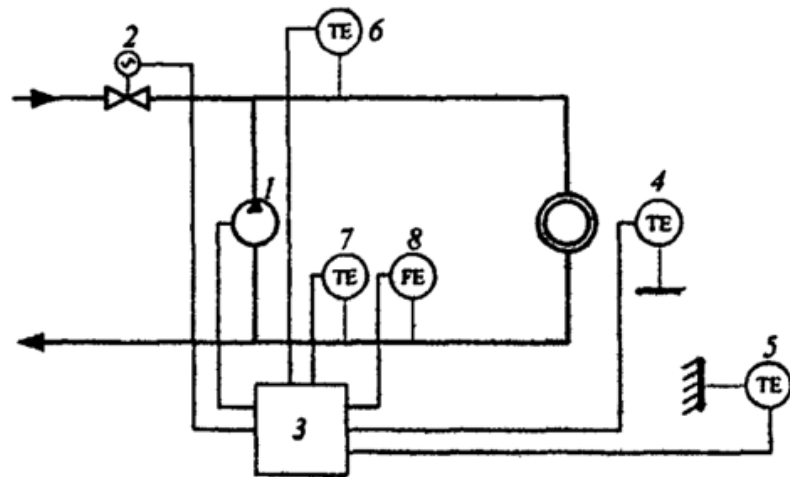


Рисунок 4.6. - Схема автоматизації теплового пункту будівлі:

1 - насос; 2 - регулюючий клапан; 3 - контролер; 4, 5 - датчики температури повітря всередині і поза будівлею відповідно; 6, 7 - датчики температури теплоносія; 8 - датчик витрати теплоносія.

Система корекції температурного графіка на основі автоматизованого пароструйного підігрівача

Також в деяких випадках пропонується система корекції температурного графіка на основі автоматизованого пароструйного підігрівача (рис. 4.9), що володіє більш низькою вартістю, ніж система на основі теплообмінника.

Пароводяні струменеві підігрівачі (ПСП) на протязі багатьох років знаходять широке застосування в різних галузях господарства. Однак істотним чинником, що обмежує їх застосування в тепlopостачанні, була відсутність автоматичного регулювання режимів.

Особливістю завдання автоматизації є відсутність в літературі повного математичного опису процесів, що протікають в ПСП, достатнього для побудови адекватної математичної моделі.

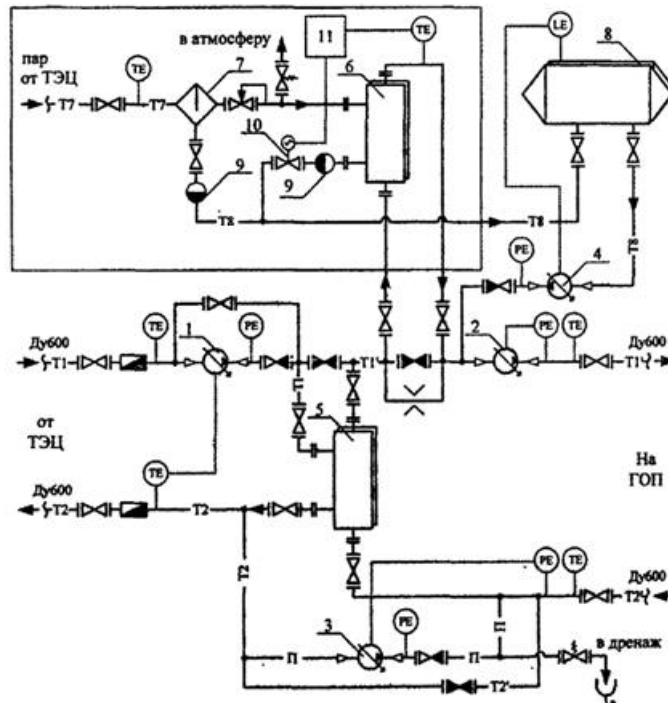


Рисунок 4.7. – загальна схема системи теплопостачання

Експериментальна регулювальна характеристика ПСП показана на рис.

4.8.

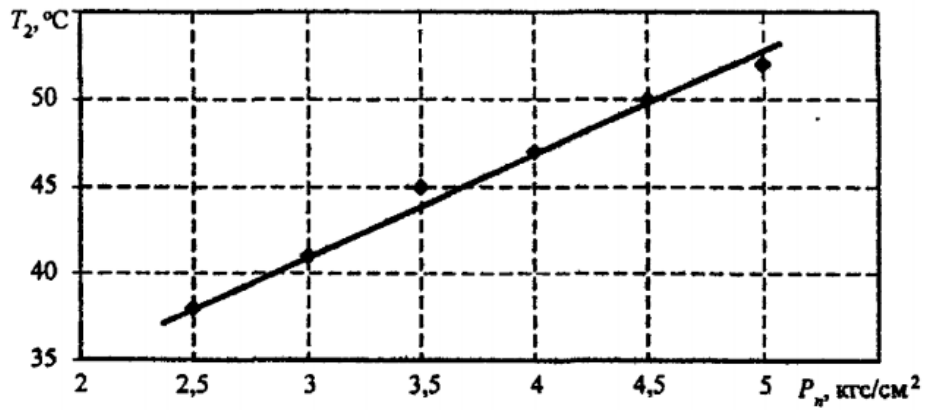


Рисунок 4.8. - Експериментальна регулювальна характеристика ПСП:

$T_2$  - температура води на виході,  $P_p$  - тиск пари на вході

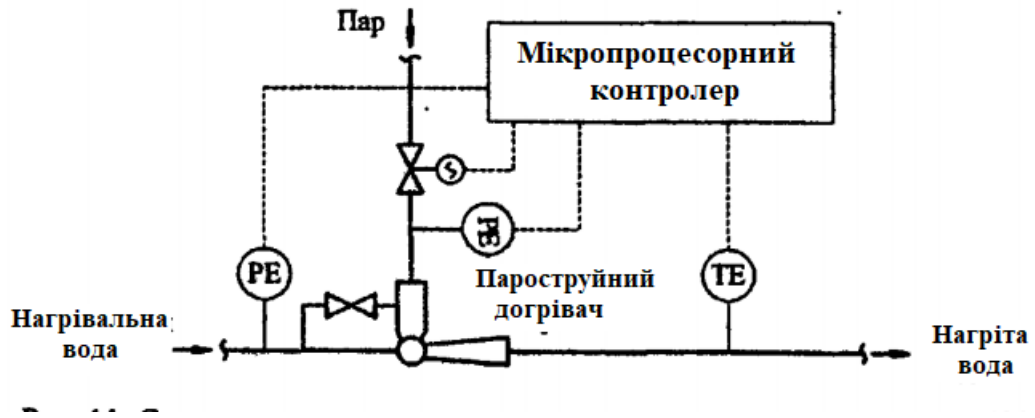


Рисунок 4.9. Схема системи автоматичного регулювання режимів ПСП

В роботі для адаптивної настройки використовувався дискретний інтегральний регулятор. Регулятор коригує вертикальне зміщення точки опалювального графіка, відповідної температури зовнішнього середовища до  $8^{\circ}\text{C}$ . З урахуванням зроблених припущень закон адаптації запишеться у вигляді

$$\begin{aligned} Q_0^*[k+1] &= Q_0^*[k] + \text{sign}(E_{T_n}^{\varphi}[k]) \cdot K_i, & |E_{T_n}^{\varphi}[k]| > E_{T_n}^{\varphi} \\ Q_0^*[k+1] &= Q_0^*[k], & |E_{T_n}^{\varphi}[k]| < E_{T_n}^{\varphi} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Корекція такого графіка приведена на рис. 4.10

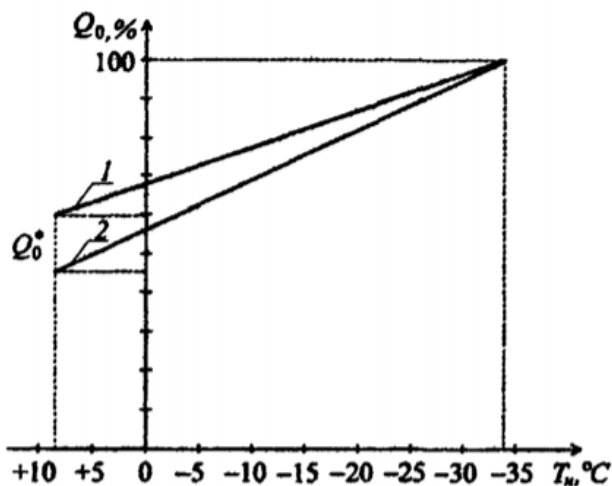


Рисунок 4.10 - Корекція теплового графіку при адаптивній настройці регулятора

Проведені результати моделювання показали, що встановлена система автоматичного регулювання забезпечує підтримку заданої температури на виході ПСП з точністю  $\pm 0,5$  ° С. При цьому ПСП працює стабільно без виникнення детонації.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Передача інформації від джерела до ПЛК по протоколу RS-485

RS-485 (Recommended Standard 485 або EIA / TIA-485) - рекомендований стандарт передачі даних по двопровідному напівдуплексному багатоточковому послідовному симетричному каналу зв'язку. Спільна розробка асоціацій: Electronic Industries Alliance (EIA) і Telecommunications Industry

Association (TIA). Стандарт описує тільки фізичні рівні передачі сигналів (тобто тільки 1-й рівень моделі взаємозв'язку відкритих систем OSI). Стандарт не описує програмну модель обміну і протоколи обміну. RS-485 створювався для розширення фізичних можливостей інтерфейсу RS232 з передачі двійкових даних.

Переваги стандарту RS-485:

1. Хороша завадостійкість.
2. Велика дальність зв'язку.
3. Однополюсне живлення +5 В.
4. Проста реалізація драйверів.
5. Можливість ширококомовної передачі.
6. Багатоточкове з'єднання.

Недоліки RS485:

1. Велике споживання енергії.
2. Відсутність сервісних сигналів.
3. Можливість виникнення колізій.

Технічні характеристики RS-485

Інтерфейс RS-485 володіє наступними технічними характеристиками:

- Допустима кількість прийомопередавачів (драйверів) 32

- Максимальна довжина лінії зв'язку 1200 м (4000ft)
- Максимальна швидкість передачі 10 Мбіт / с
- Мінімальний вихідний сигнал драйвера  $\pm 1,5$  В
- Максимальний вихідний сигнал драйвера  $\pm 5$  В
- Максимальний струм короткого замикання драйвера 250 мА
- Вихідний опір драйвера 54 Ом
- Вхідний опір драйвера 12 кОм
- Допустимий сумарний вхідний опір 375 Ом
- Діапазон нечутливості до сигналу  $\pm 200$  мВ
- Рівень логічної одиниці ( $U_{ab}$ )  $> +200$  мВ
- Рівень логічного нуля ( $U_{ab}$ )  $< -200$  мВ

Вхідний опір для деяких приймачів може бути більш 12 КОм (одичного навантаження). Наприклад, 48 кОм (1/4 одичного навантаження) або 96 КОм (1/8), що дозволяє збільшити кількість приймачів до 128 або 256. При різних вхідних опорах приймачів необхідно, щоб загальна вхідний опір не було менше 375 Ом.

Так як стандарт, RS-485 описує тільки фізичний рівень процедури обміну даними, то всі проблеми обміну, синхронізації і квітування, покладаються на більш високий протокол обміну (ModBus, DCON і т.п.).

Сам RS-485 виконує тільки наступні дії:

1. Перетворює вхідну послідовність "1" і "0" в диференційний сигнал.
2. Передає диференційний сигнал в симетричну лінію зв'язку.
3. Підключає або відключає передавач драйвера по сигналу вищого протоколу.
4. Приймає диференційний сигнал з лінії зв'язку.

Переваги фізичного сигналу RS-485 перед сигналом RS-232

1. Використовується однополюсний джерело живлення +5, який використовується для живлення більшості електронних приладів і мікросхем. Це спрощує конструкцію і полегшує узгодження пристроїв.



2. Потужність сигналу передавача RS-485 в 10 разів перевершує потужність сигналу передавача RS-232. Це дозволяє підключати до одного передавача RS-485 до 32 приймачів і таким чином вести трансляцію передачу даних.

3. Використання симетричних сигналів, у якої є гальванічна розв'язка з нульовим потенціалом мережі живлення. В результаті виключено попадання перешкоди по нульовому проводу живлення (як в RS-232). Враховуючи можливість роботи передавача на слабке навантаження, стає можливим використовувати ефект придушення синфазних перешкод за допомогою властивостей "кручений пари". Це істотно збільшує дальність зв'язку. Крім цього з'являється можливість "гарячого" підключення приладу до лінії зв'язку (хоча це не передбачено стандартом RS-485). Зауважимо що в RS-232 "гаряче" підключення приладу зазвичай призводить до виходу з ладу COM порту комп'ютера.

Якщо підключити осцилограф до контактам А-В (RS-485) і контактам GND-TDx (RS-232), то ви не побачите різниці в формі сигналів передаються в лініях зв'язку. Насправді, форма сигналу RS-485 повністю повторює форму сигналу RS-232, за винятком інверсії (в RS-232 логічна одиниця передається напругою -12 В, а в RS-485 +5 В).

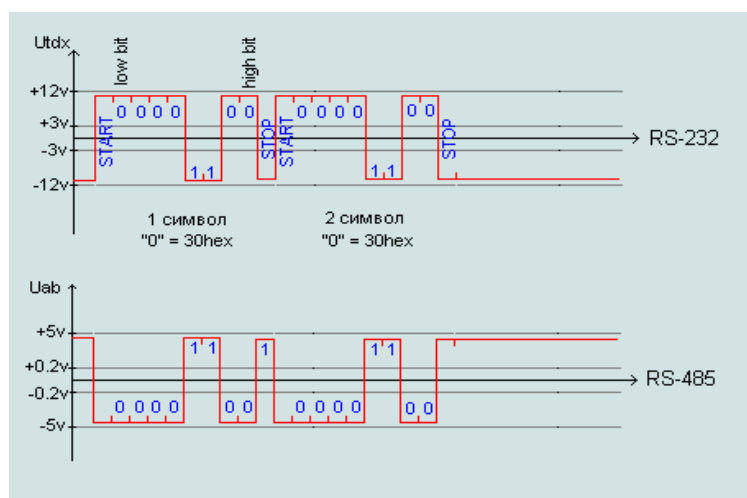


Рисунок 5.1. - Форма сигналів RS-232 і RS-485 при передачі двох символів "0" і "1".

Як видно з рис. 5.1 відбувається просте перетворення рівнів сигналу по напрузі. Хоча форма сигналів однакова у вище зазначених стандартів, але спосіб їх формування та потужність сигналів різні.

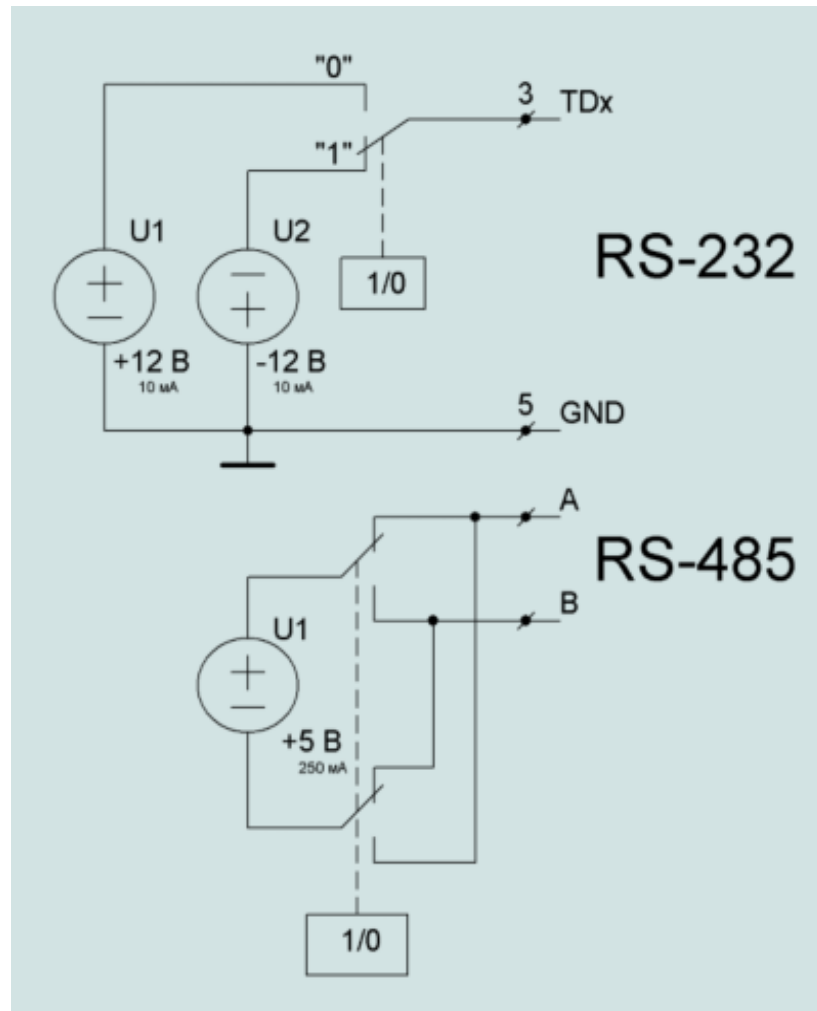


Рисунок 5.2 - Формування сигналів RS-485 і RS-232

Перетворення рівнів сигналів і новий спосіб їх формування дозволив вирішити ряд проблем, які свого часу не були враховані при створенні стандарту RS-232.

#### Топологія мережі RS-485

Мережа RS-485 будується за послідовною шиною (bus) схемою, тобто прилади в мережі з'єднуються послідовно симетричними кабелями. Кінці ліній зв'язку при цьому повинні бути навантажені погодженими резисторами

- "термінаторами" (terminator), величина яких повинна дорівнювати хвильовому опору кабелю зв'язку.

Термінатори виконують такі функції:

- Зменшують відображення сигналу від кінця лінії зв'язку.
- Забезпечують достатній струм через всю лінію зв'язку, що необхідно для придушення синфазної перешкоди за допомогою кабелю типу "вита пара".

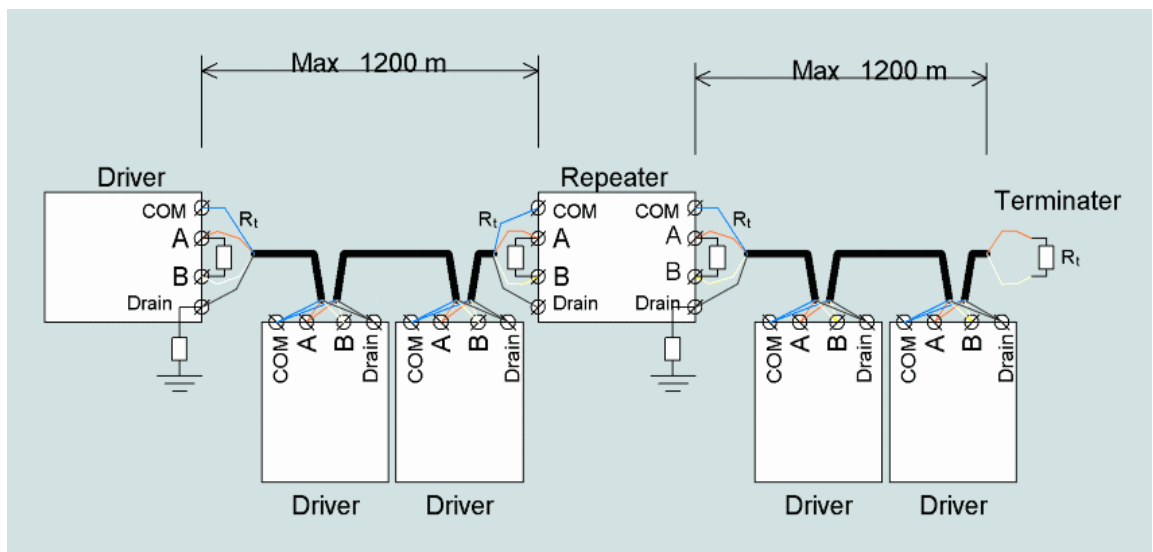


Рисунок 5.3. - Топологія мережі RS485

Якщо відстань сегмента мережі перевищує 1200 м або кількість драйверів в сегменті більш 32 штук, потрібно використовувати повторювач (repeater), для створення наступного сегмента мережі. При цьому кожен сегмент мережі повинен бути підключений до термінатора. Сегментом мережі при цьому вважається кабель між крайнім приладом і повторювачем або між двома повторювачами.

Стандарт RS-485 не визначає, який тип симетричного кабелю потрібно використовувати, але де-факто використовують кабель типу "вита пара" з хвильовим опором 120 Ом.

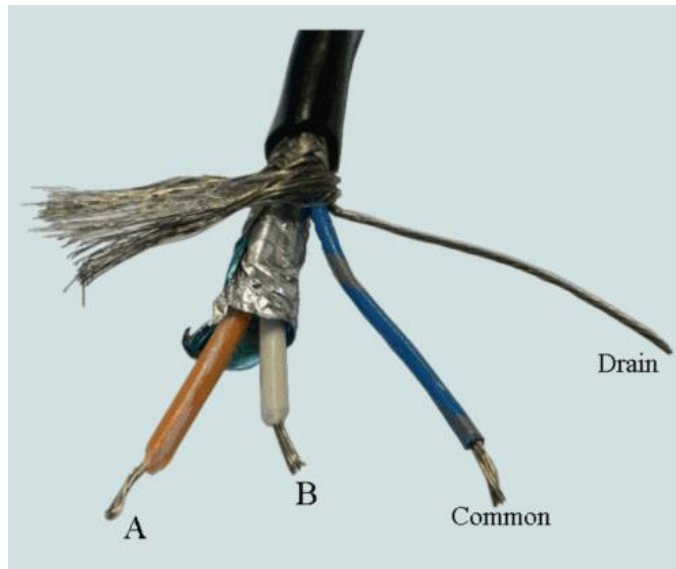


Рисунок 5.4. - Промисловий кабель Belden 3106A для мереж RS485

Рекомендовано використовувати промисловий кабель Belden3106A для прокладки мереж RS485. Даний кабель має хвильовий опір 120 Ом і подвійний екран кручений пари. Кабель Belden3106A містить 4 дроти. Помаранчевий і білий провід представляють собою симетричну екрановану пару. Синій провід кабелю використовується для з'єднання нульового потенціалу джерел живлення приладів в мережі і називається "загальний" (Common). Провід без ізоляції використовується для заземлення обплетення кабелю і називається "дренажний" (Drain). У сегменті мережі дренажний провід заземлюється через опір на шасі приладу, за одного з кінців сегмента, щоб не допустити протікання блукаючих струмів через обмотку кабелю, при різному потенціалі землі у віддалених точках.

Зазвичай опору термінаторів і захисного заземлення знаходиться всередині приладу. Необхідно правильно підключити їх за допомогою перемичок або перемикачів. У технічній документації фірми виробника приладів необхідно знайти опис цих підключень.

При використанні інших симетричних кабелів, особливо, коли невідомо їх хвильовий опір, величину термінаторів підбирають дослідним

шляхом. Для цього необхідно встановити осцилограф в середину сегмента мережі. Контролюючи форму прямокутних імпульсів переданих одним із драйверів можна зробити висновок про необхідність коригування величини опору термінатора.

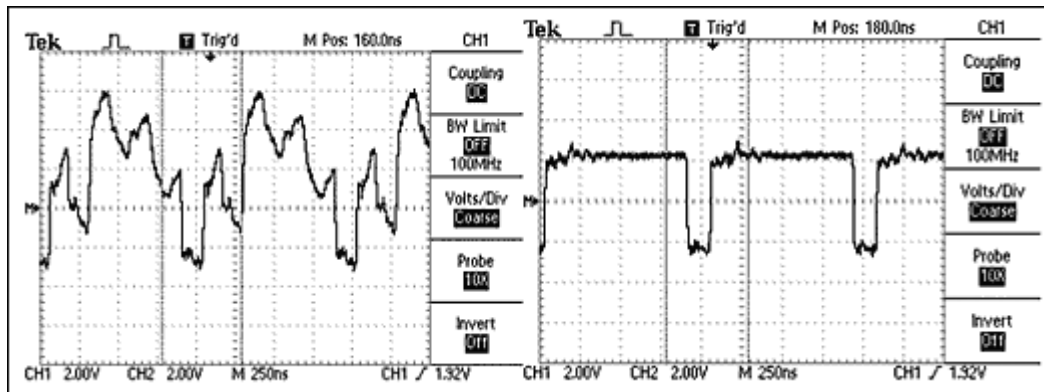


Рисунок 5.5. - Неузгоджене мережу RS-485 (без термінатора) і її підсумкова форма сигналу (зліва) у порівнянні з сигналом, отриманим на правильно узгодженої мережі (праворуч)

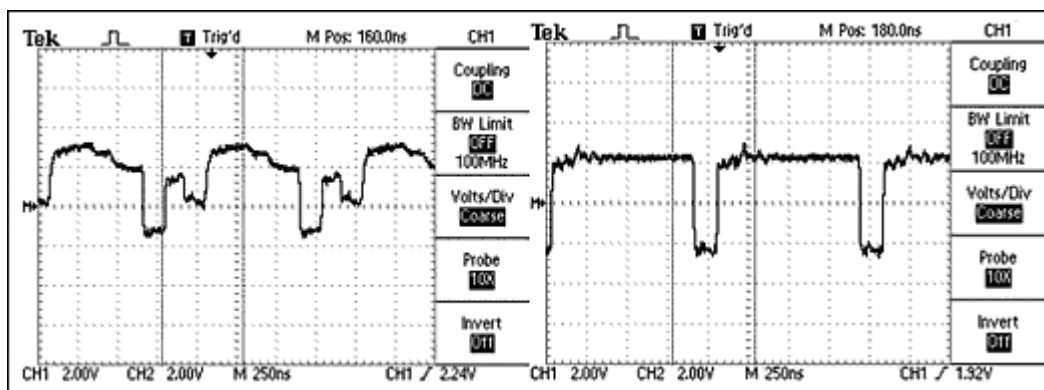


Рисунок 5.6. - Термінатор встановлений в середині сегмента мережі RS-485

Для аналізу якості узгодження лінії зв'язку застосовують тестові функції. Зазвичай така функція вбудована в конкретний прилад або програму. Під час тестування передавач посилає в мережу задану послідовність символів, а приймач на іншому кінці лінії аналізує правильність прийому цієї відомої йому послідовності символів. Мережа

тестується певну кількість часу, після чого за кількістю помилок робиться висновок про якість зв'язку

## **5.2. Передача інформації від джерела до ПЛК по протоколу MODBUS**

Основні принципи реалізації протоколів верхнього рівня (типу MODBUS)

Modbus - комунікаційний протокол, заснований на архітектурі «клієнт-сервер». Широко застосовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовувати для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP (Modbus TCP).

Коротко розглянемо ці протоколи, хоча вони не мають відношення до стандарту RS-485, але саме протокол MODBUS задіяний у даному проекті. Зазвичай протокол верхнього рівня включає в себе пакетну, кадрову або фреймову організацію обміну. Тобто, інформація передається логічно завершеними частинами. Кожен кадр обов'язково маркується, тобто позначається його початок і кінець спеціальними символами. Кожен кадр містить адресу приладу, команду, дані, контрольну суму, які необхідні для організації багато точкового обміну. Щоб уникнути колізій зазвичай застосовують схему "ведучий" (master) - "ведений" (slave). "Ведучий" має право самостійно перемикає свій драйвер RS-485 в режим передачі, решта драйвери RS-485 працюють в режимі прийому і називаються "веденими". Щоб "ведений" почав змінювати дані в лінію зв'язку "ведучий" посилає йому спеціальну команду, яка дає приладу з вказаною адресою право переключити свій драйвер в режим передачі на певний час.

Після передачі роздільної команди "веденого", "ведучий" відключає свій передавач і чекає відповіді "веденого" протягом проміжку часу, який

називається "таймаут". Якщо перебігу таймаута відповідь від "веденого" не отримано, то "ведучий" знову займає лінію зв'язку. У ролі "ведучого" зазвичай виступає програма, встановлена на комп'ютер або у даному випадку на ПЛК. Існують і більш складна організація пакетних протоколів, яка дозволяє циклічно змінювати роль "ведучого" від приладу до приладу. Зазвичай такі прилади називають "лідерами", або говорять що прилади передають "маркер". Володіння "маркером" робить прилад "провідним", але він повинен буде обов'язково передати його іншому пристрою мережі по визначеному алгоритму. В основному, зазначені вище протоколи, відрізняються за цими алгоритмам.

Як ми бачимо, верхні протоколи мають пакетну організацію і виконуються на програмному рівні, вони дозволяють вирішити проблему з "колізіями" даних і багато точкову організацію обміну даними.

#### Специфікація Modbus

Протокол Modbus описує структуру запитів і відповідей. Їх основа - елементарний пакет протоколу, так званий PDU (Protocol Data Unit). Структура PDU не залежить від типу лінії зв'язку і включає в себе код функції і поле даних. Код функції кодується однобайтовим полем і може приймати значення в діапазоні 1 ... 127. Діапазон значень 128 ... 255 зарезервований для кодів помилок. Поле даних може бути змінної довжини. Розмір пакета PDU обмежений 253 байтами.

Таблиця 5.1

#### Елементарний пакет протоколу PDU (Protocol Data Unit)

Modbus PDU	
номер функції	дані
1 байт	N < 253 (байт)

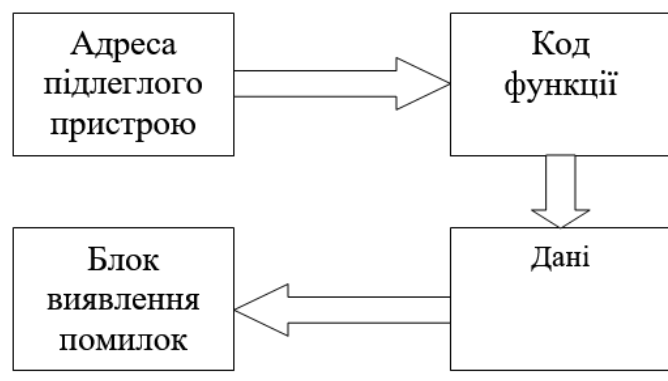
Для передачі пакету по фізичних лініях зв'язку PDU поміщається в інший пакет, що містить додаткові поля. Цей пакет має назву ADU (Application Data Unit). Формат ADU залежить від типу лінії зв'язку.

Існують три основні реалізації протоколу Modbus, дві для передачі даних по послідовних лініях зв'язку, як мідним EIA/TIA-232-E (RS-232), EIA-422, EIA/TIA-485-A (RS -485), так і оптичним і радіо:

Modbus ASCII - для обміну використовуються тільки ASCII символи. Для перевірки цілісності використовується алгоритм en: Longitudinal redundancy check. Повідомлення поділяється на стовпці за допомогою символу «:» і закінчується символами нового рядка CR / LF.

Modbus RTU і для передачі даних по мережах Ethernet поверх TCP/IP:  
Modbus TCP.

Загальна структура ADU наступна (у залежності від реалізації, деякі з полів можуть бути відсутні):



Адреса підлеглого пристрою - адреса підлеглого пристрою, до якого адресовано запит. Підлеглі пристрої відповідають тільки на запити, що надійшли на їх адресу. Відповідь також починається з адреси відповідного підлеглого пристрою, який може змінюватися від 1 до 247. Адреса 0 використовується для ширококомовної передачі, її розпізнає кожен пристрій, адреси в діапазоні 248 ... 255 - зарезервовані;



Номер функції - це наступне однобайтне поле кадру. Воно говорить підлеглому пристрою, які дані або виконання якої дії вимагає від нього ведучий пристрій;

Дані - поле містить інформацію, необхідну підлеглому пристрою для виконання заданої майстром функції або містить дані, що передаються підлеглим пристроєм у відповідь на запит ведучого. Довжина і формат поля залежить від номера функції;

Блок виявлення помилок - контрольна сума для перевірки відсутності помилок в кадрі.

Максимальний розмір ADU для послідовних мереж RS232/RS485 - 256 байт, для мереж TCP - 260 байт.

Для Modbus TCP ADU виглядає наступним чином:

ІД транзакції	ІД протоколу	довжина пакету	адреса підлеглого пристрою	код функції	дані

Ід транзакції - два байти, зазвичай нулі

Ід протоколу - два байти, нулі

Довжина пакету - два байти, старший потім молодший, довжина наступної за цим полем частини пакета

Адресу відомого пристрою - адреса підлеглого пристрою, до якого адресовано запит. Зазвичай ігнорується, якщо з'єднання встановлено з певним пристроєм. Може використовуватися, якщо з'єднання встановлено з мостом, який виводить нас, наприклад, в мережу RS485.

Поле контрольної суми в Modbus TCP відсутнє.

## 6. ОБГРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 6.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи

Реалізація проекту інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів складається з низки послідовних та взаємопов'язаних етапів.

Норми часу на виконання науково-дослідницької роботи розраховуватимуться на основі середнього часу виконання стадії в годинах, що наведені в таблиці 5.1 разом із інформацією про виконавців і сумарною кількості затраченого часу.

Таблиця 6.1

#### Операції технологічного процесу та їх час виконання

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	Підготовча стадія	Проектний менеджер	10
		Інженер-програміст	
2	Технічна пропозиція	Проектний менеджер	10
		Інженер-програміст	
3	Створення технічного завдання	Проектний менеджер	20
		Інженер-програміст	
4	Проектування системи	Інженер-програміст	200
5	Практична реалізація	Інженер-програміст	200
6	Тестування системи	Тестувальник	20
7	Верифікація системи	Тестувальник	20
		Інженер-програміст	
		Проектний менеджер	
8	Створення документації	Інженер-програміст	50
9	Заключна стадія	Проектний менеджер	20
Разом			650

Кожен із етапів реалізації проекту характеризується метою та змістом, оцінкою часу виконання, кількістю та спеціалізацією виконавців, а також приблизною оцінкою вартості.

Реалізація інформаційної системи управління безпекою об'єкту складається із підготовчого етапу, етапу технічної пропозиції, створення технічного завдання, проектування системи, практичної реалізації, тестування, верифікації та заключного етапу.

В підсумку на реалізацію проекту інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів необхідно 650 людино-годин, залучення трьох спеціалістів та виконання дев'яти різноманітних стадій реалізації проекту.

## **6.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи**

Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи прямо залежить від кількості витраченого працівниками часу на роботу, ставки в годину чи місяць, кількість відрахувань на соціальні заходи встановлених в законному порядку на час розрахунку.

В результаті розрахунку потрібно визначити основну та додаткову заробітну плату, витрати на соціальні заходи та на основі цих даних визначити сумарні витрати на оплату праці.

Основна заробітна плата нараховується за виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час.

При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів у місяці слід в середньому приймати – 24,5 дні/міс., або ж 196 год./міс. (тривалість робочого дня – 8 год.).

Наймані працівники для розробки інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів працюють згідно контракту, який в якому вказано їхню погодинну ставку. Тобто розрахунок заробітної плати працівників відбуватиметься на базі тарифної ставки та кількості відпрацьованих годин.

У штаті найманих працівників для розробки інформаційної системи залучено проектного менеджера, інженера-програміста і тестувальника.

Тарифні ставки учасників процесу розробки інформаційної системи:

Проектний менеджер – 150 грн./год.

- Інженер-програміст – 130 грн./год.

- Тестувальник – 100 грн./год.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 5.1:

$$Z_{\text{осн.}} = T_c * K_{\Gamma}, \quad (6.1)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;  $K_{\Gamma}$  – кількість відпрацьованих годин.

Оскільки всі види робіт в виконує три спеціаліста, то основна заробітна плата буде розраховуватись за даною формулою 6.1;

$$Z_{\text{осн.}} = 150 * 80 + 130 * 530 + 100 * 40 = 84900 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати й визначається за формулою 6.2.

Коефіцієнт додаткових виплат працівникам становить 0,1.

$$Z_{\text{дод.}} = Z_{\text{осн.}} * K_{\text{допл.}} \quad (6.2)$$

де  $K_{\text{допл}}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам

$$Z_{\text{дод.}} = 84900 * 0,1 = 8490 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці (фонд заробітної плати) визначаються за формулою 6.3:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}} \quad (6.3)$$

$$V_{\text{о.п.}} = 84900 + 8490 = 93390 \text{ грн.}$$

З цієї суми утримуються обов'язкові відрахування на заробітну плату:

- Єдиний соціальний внесок (ЄСВ), що становить 22%%;
- Військовий збір (ВЗ), що становить 1,5%%;

Сума відрахувань становить 23,5%% від фонду оплати праці та визначається за формулою 5.4:

$$V_{\text{с.з.}} = \Phi_{\text{оп}} * 0,235 \quad (6.4)$$

де  $\Phi_{\text{оп}}$  – фонд оплати праці, грн.

$$V_{\text{с.з.}} = 93390 * 0,235 = 21946,25 \text{ грн.}$$

Усі витрати обчислюються детально наведені в таблиці 6.2 та обчислюються за формулою 6.5:

$$B_{\text{зн}} = \Phi\text{ЗП} + \Phi\text{ОП} \quad (6.5)$$

$$B_{\text{зн}} = 93390 + 21946,25 = 115336,65 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Розрахунки витрат на оплату праці

№з/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на плату праці, грн. (6=3+4+5)
		Тарифна ставка, грн.	Кількість відпрацьованих год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1.	Проектний менеджер	150	80	12000	525	-	-
2.	Інженер-програміст	130	530	68900	2600	-	-
3.	Тестувальник	100	40	4000	300	-	-
Разом		380	650	84900	8490	21946,25	115336,25

Опираючись на розрахунки витрат на оплату та зведену таблицю результатів 6.2 видно, що всього витрати на плату праці становлять 115336,25 грн.

### 6.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати є невід'ємною частиною розробки інформаційної та визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни за формулою 6.6:

$$M_{ei} = q_i \cdot p_i, \quad (6.6)$$

де:  $q_i$  – кількість витраченого матеріалу  $i$ -го виду;  $p_i$  – ціна матеріалу  $i$ -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити за формулою 6.7:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{ei}. \quad (6.7)$$

Результати проведених розрахунків наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків матеріальних витрат.

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Фактично витрачено матеріалів	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума витрат, грн.
1	CD диски	шт.	2	7,45	14,90
2	Папір для друку	листів	500	0,15	75,00
3	Чорнила для принтера	шт.	1	80,00	80,00
Всього					169,90

Згідно проведених розрахунків, матеріальні витрати становлять 169,90 грн.

#### 6.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Однією із статей витрат є витрати на електроенергію під час проходження усіх етапів реалізації кінцевого продукту.

Затрати на електроенергію одиниці обладнання визначаються за формулою 6.8:

$$Z_e = W * T * S, \quad (5.8)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;  $T$  – кількість годин на реалізацію розробки;  $S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість кіловат-години електроенергії слід приймати згідно існуючих на даний час тарифів. Отже, 1 кВт з ПДВ коштує 2,42 грн.

Потужність комп'ютерів для реалізації кінцевого продукту – 400 Вт, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 6.1 – 650 годин.

Визначимо витрати на електроенергію згідно формули 6.11:

$$Z_e = 0,4 * 650 * 2,42 = 629,20 \text{ грн.}$$

Згідно формули затрати на електроенергію становлять 629,20 грн.

### **6.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань**

Для будь якої діяльності характерною є властивість зношування на зниження якості властивостей інструментарію та фондів за допомогою яких ведеться діяльність.

Для вирішення проблеми із відновленням даних фондів використовується амортизація, що являє собою процес трансформації вартості основних фондів на вартість продукції, яка щойно була створена, задля повного відновлення основних фондів.

Для визначення амортизаційних відрахувань використовується формула 6.9:

$$A = (B_B * H_A) / 100\% \quad (5.9)$$

де,  $B_B$  – балансова вартість обладнання, грн;

$H_A$  – норма амортизаційних відрахувань в рік, %%;

– річний робочий фонд часу, год;



– фактичний час роботи обладнання по написанню програми, год.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 %% (квартальна – 15 %%).

Річний робочий фонд становитиме 2352 годин, так як робочий день становить 8 годин, а кількість робочих днів в місяці становить 24,5 годин.

Для даної розробки засобом розробки є комп'ютер. Його сума становить 18500 грн. Отже, амортизаційні відрахування будуть рівні:

$$A = 18500 \cdot 5\% / 100\% = 925 \text{ грн.}$$

Згідно проведених обчислень амортизаційні відрахування становлять 925 грн.

## 6.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління спілкою та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 %% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_e = B_{o.n} * 0,2 \dots 0,6, \quad (5.10)$$

де  $H_e$  – накладні витрати.

Отже, накладні витрати становлять згідно формули 6.10:

$$H_e = 93390 * 0,2 = 18678 \text{ грн.}$$

Накладні витрати згідно розрахунку формули, становить 18678 грн.

## 6.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи

Результати проведених вище розрахунків наведено у таблиці 6.4.

Таблиця 5.4

### Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В %% до загальної суми
Витрати на оплату праці	93390	0,69
Відрахування на соціальні заходи	21946,25	0,15
Матеріальні витрати	169,9	0,01
Витрати на електроенергію	256,52	0,01
Амортизаційні відрахування	925	0,01
Накладні витрати	18678	0,13
Собівартість	135365,7	100

Собівартість ( $C_e$ ) програмного продукту розраховуємо за формулою:

$$C_e = B_{o.l.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + A + H_e . \quad (6.11)$$

Отже, собівартість розробки системи дорівнює:

$$C_e = 135365,70 \text{ грн.}$$

Загальний кошторис витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи становить 135365,70 грн.

## 6.8 Розрахунок ціни розробки системи

Ціну науково-дослідної роботи можна визначити за формулою:

$$Ц = (C_B * (1 + P_{рен}) + K * B_{н.і.}) / K * (1 + ПДВ) \quad (6.12)$$

де  $P_{рен.}$  – рівень рентабельності, 30 %%;  $K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);  $B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);  $ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %%).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B * (1 + P_{рен}) * (1 + ПДВ) \quad (6.13)$$

Звідси ціна на роботу складе:

$$Ц = 135365,70 * (1 + 0,3) * (1 + 0,2) = 211170,49 \text{ грн.}$$

Загальний розрахунок ціни програмного продукту становить 211170,49 грн.

## 6.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \Pi / C_B \quad (6.14)$$

де  $\Pi$  – прибуток;  $C_B$  – собівартість.

Плановий прибуток ( $\Pi_{пл}$ ) знаходимо за формулою:

$$\Pi_{пл} = Ц - C_{\epsilon} . \quad (6.15)$$

Розраховуємо плановий прибуток:

$$\Pi_{пл} = 211170,49 - 135365,70 = 75804,79 \text{ грн.}$$

Отже, формула для визначення економічної ефективності набуде вигляду:

$$E_p = \Pi / C_B \quad (6.16)$$

Тоді,

$$E_p = 75804,79 / 135365,70 = 0,56.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = 1/E_p \quad (6.17)$$

Термін окупності дорівнює:

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Згідно формул плановий прибуток від розробки становить 75804,79 грн., економічна ефективність дорівнює 0,56, а термін окупності становить 1,79 року що вважається доцільним та економічно вигідним.

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

### **7.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління**

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог ГОСТ 12. 0.004 - 79, який встановлює порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними

параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

## 7.2 Електробезпека

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину посторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення.



Згідно ПУЕ 1.7.65 допустимий опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки, тощо). Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках

під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві (перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Важливо відмітити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, коврики, ізолюючі підставки, тощо.

У приміщеннях, де знаходяться вимірювальні прилади, необхідно забезпечити виконання заходів по боротьбі з статичною електрикою (тобто прилади повинні бути заземлені). Найпростішим засобом є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50 - 60 % за допомогою побутового електрозволожувача.

Підлогу слід виконувати відповідно до ГОСТ 12.4.124-83, використовуючи антистатичне покриття на проходах і біля робочих місць.

Робітникам рекомендовано носити одягу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон. Для зняття електростатичних зарядів з одягу слід використовувати антистатика побутового призначення.

Оскільки корпуси приладів виконані з металу, то для усунення небезпеки ураження людини електричним струмом (можливий пробій на корпус приладу) використовується захисне заземлення.

### 7.3 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{заз}} \leq \frac{U}{I_p} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту:  $\rho = k_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$ ,

де  $k_n$  - коефіцієнт підсилення;

$\rho_n$  — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де  $t$  - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

$l, d$  - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевій полосі, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_{II} = (\rho / 2\pi) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.}$$

$r_B$  - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

$\eta_B$ - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури визначаємо  $\eta_B = 0,66$  і  $\eta_T = 0,39$ .

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0.66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_T + R_{II} \eta_B n) = 3.9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова  $R \leq [r_B]$ .

### Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де  $R_{33}$  – опір захисного заземлення;

$R_c$  – опір стержневих заземлювачів;

$R_{II}$  - опір поперечних заземлювачів.

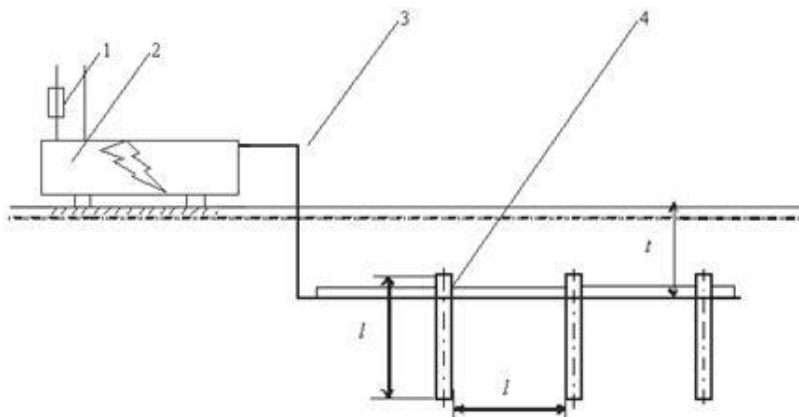


Рисунок 7.1 - Пристрій заземлення

4 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h' + l}{4h' - l} \right)$$

де  $h$  – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

$l$  – довжина стержневого заземлювача 3 м;

$d$  – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{ок} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де  $l$  – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

$b$  – ширина полоси заземлювача 30 мм;

$\rho_{\text{г}}$  – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{ок} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_d}$$

де  $R_d$  – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

$R_0$  – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають  $n$ , при якому  $\eta = 1$ :

<b>n</b>	<b>R<sub>n</sub></b>	<b>R<sub>c</sub></b>	<b>R<sub>o</sub></b>	<b>η</b>
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною

26.

## 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Екологізація виробництва

Екологізація виробництва передбачає наявність взаємозв'язку і взаємозумовленості будь-яких дій з урахуванням екологічних вимог до розвитку НТП. У зв'язку з цим управління господарством країни і його функціонування повинні здійснюватися на основі раціонального природокористування та застосування нової технології, прогресивної організації маловідходних і безвідходних виробництв.

Екологізація виробництва — це розширене відтворення природних ресурсів шляхом вдосконалення технології, організації матеріального виробництва, підвищення ефективності праці в екологічній сфері.

#### Шляхи впровадження екологізації

Екологізація народного господарства, підприємств промисловості та АПК припускає інтенсивний розвиток НТП і переклад його на еколого-економічні, економіко-організаційні та еколого-технічні відносини.

Перший напрямок екологізації народного господарства можна здійснювати повсюдно в широких масштабах на діючих основних фондах народного господарства за допомогою екологізації всієї виробничо-господарської діяльності, не перериваючи її. При цьому в основному вирішуються завдання, які не потребують докорінної перебудови основних фондів, але дозволяють досягти суттєвих результатів щодо зниження забруднення навколишнього середовища та ресурсозбереження.

Другий напрямок екологізації господарства здійснюється при відтворенні основних його фондів.

## 8.2 Зниження енергоємності та енергозбереження.

Енергозбереження стосується зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг. Енергозбереження відрізняється від енергоефективності, яке стосується використання меншої кількості енергії в тій самій послугі. Наприклад, менше користуватись авто – енергозбереження, а пересісти на авто з меншою витратою палива – енергоефективність. Але і енергозбереження, і енергоефективність є техніками зменшення використання енергії.

### Оптимізація освітлення

- максимальне використання денного світла (збільшення кількості, площі та прозорості вікон);
- оптимальне розміщення джерел штучного світла (місцеве, направлене освітлення);
- використання освітлювальних приладів лише за необхідністю;
- підвищення світловіддачі наявних джерел світла (заміна люстр, відбивачів тощо);
- використання приладів управління освітленістю (датчики руху, акустичні датчики, датчики освітленості, таймери, дистанційне керування, дімери);
- запровадження автоматичної системи диспетчерського управління зовнішнім освітленням (АСДУ НО);
- установка інтелектуальних розподілених систем управління освітленням.

### Електропривід

- оптимальний підбір потужності електродвигуна;
- використання частотно-регульованого приводу.



Заходи по зниженню втрат тепла та підвищенню ефективності систем теплопостачання:

*джерело теплопостачання*

- зменшення витрат енергії та тепла на власні потреби;
- використання сучасного обладнання з вищим ККД теплогенерації, напр. конденсаційні котли;
- використання вузлів обліку теплової енергії;
- використання ко- і три- генерації.

*теплові мережі*

- ізоляція мереж для зниження втрат тепла у довкілля;
- скорочення шляху теплоносія від виробника до споживача теплової енергії (напр., міні-котельня у будинку)
- оптимізація гідравлічних режимів тепломереж;
- зменшення протікань.

*споживачі*

- належна ізоляція опалюваних приміщень;
- використання систем місцевого регулювання опалювальних приладів;
- переведення будинків в режим нульового споживання тепла для опалення (температура всередині підтримується за рахунок внутрішнього тепловиділення та гарної ізоляції);
- використання вузлів обліку теплової енергії.

*Економія води*

- встановлення приладів обліку використання води;
- використання води лише коли дійсно необхідно;
- встановлення установка зливних бачків, які мають функцію вибору інтенсивності зливу;
- встановлення автоматичних регуляторів витрат води, аераторів, сенсорних датчиків

### **8.3 Джерела електромагнітних полів, іонізуючого випромінювання та методи їх знешкодження.**

Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає. Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін. По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм. Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Ще на стадії проектування повинне бути забезпечене таке взаємне розташування опромінюючих та опромінюваних об'єктів, яке б зводило б до мінімуму інтенсивність опромінення. Потрібно зменшити імовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю ЕМП, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання мусить бути мінімально потрібною.

Важливе значення мають інженерно-технічні методи захисту: колективний, локальний та індивідуальний. Колективний захист спирається на розрахунок поширення радіохвиль в умовах конкретного рельєфу місцевості. Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани –

складки місцевості, лісонасадження, нежитлові будівлі. Встановивши антену нагорі, можна зменшити інтенсивність поля, яке опромінює населений пункт, у багато разів.

При захисті від випромінювання екрана повинне враховуватись затухання хвилі при проходженні через екран (наприклад, через лісову смугу). Для екранування можна використовувати рослинність. Спеціальні екрани у вигляді відбивальних щитів дороги і використовуються дуже рідко.

Закритими називаються будь-які джерела іонізуючого випромінювання, будова яких виключає проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище при передбачених умовах їхньої експлуатації і зносу.

Основними принципами забезпечення радіаційної безпеки при роботі із закритими джерелами іонізуючого випромінювання є:

- зменшення потужності джерел до мінімальних значень ("захист кількістю");
- скорочення часу роботи з джерелом ("захист часом");
- збільшення відстані від джерел до людей ("захист відстанню");
- екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання ("захист екраном").

Відкритими називаються такі джерела іонізуючого випромінювання, при використанні яких можливе потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

В результаті виконання магістерської роботи було проведено створення автоматизованої системи керування тепломережею промислового об'єкту.

В роботі було проаналізовано методи управління процесами створення та розподілу теплоносія, розглянуто основні параметри, які найбільше впливають на цей процес

Було розроблено систему автоматичного контролю за розподілом теплоносія в системі теплопостачання на базі програмованого логічного контролера ПЛК 110-60 та модулів вводу-виводу МДВВ та МВ 110-8А

Також було досліджено можливість корекції теплоспоживання на великій відстані від джерела тепла.

Впровадження результатів роботи дасть можливість створювати експериментальні графіки віддачі тепла споживачам і на їх основі проводити корекцію теплоспоживання в режимі реального часу, що дозволить економити енергоресурси.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. <https://www.dissercat.com/content/avtomatizatsiya-upravleniya-sistemami-teplosnabzheniya-promyshlennykh-obektov-pri-nizkotempe/read>.
6. <https://optolov.ru/dizajjn-detskojj-komnaty/struktura-avtomatizirovannoi-sistemy-vodogreinoi-kotelnoi.html>.
7. <https://owen.ua/ru/projects/avtomatizirovannaja-sistema-upravlenija-kotelnoj-ptvm-30-v-vinnice>.
8. [https://owen.ru/project/avtomatizaciya\\_gorodskoj\\_teploseti\\_ekonomit\\_bolshie\\_sredstva](https://owen.ru/project/avtomatizaciya_gorodskoj_teploseti_ekonomit_bolshie_sredstva).
9. [https://www.krug2000.ru/decisions/solutions\\_zkx/asdu-teplosabjajuschej-kompanii.html](https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_zkx/asdu-teplosabjajuschej-kompanii.html).
10. Owen.ru.