

**І.В. Савеленко, асист., П. Г. Плешков, доц., канд. техн. наук, С.В. Серебренніков, доц., канд. техн. наук, І.О.Переверзєв, доц., канд. техн. наук**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Автоматизоване регулювання режиму місцевого опалення при неякісному централізованому теплопостачанні

Наведено результати енергетичного аудиту об'єктів бюджетної сфери, виявлено наявність «перепалів» та «недопалів» в системі централізованого теплопостачання. Розроблено автоматизовану систему керування температурним режимом в приміщеннях об'єктів.

**енергетичний аудит, температурний режим, теплоносій, автоматизована система керування**

**Вступ.** Житлово-комунальний сектор посідає чільне місце у загальному споживанні теплової енергії. Впровадження систем обліку фактичного обсягу енергоспоживання призводить до 40% економії енергії [1] за рахунок більш ощадливого ставлення споживача до її використання. Подальшої економії та значного підвищення комфортності можна досягти шляхом зменшення втрат теплової енергії через огорожуючі конструкції та модернізації систем теплопостачання за рахунок застосування засобів автоматичного регулювання систем опалення.

**Аналіз досліджень та публікацій.** В [2] на основі аналізу зростаючих витрат на енергетичні ресурси (особливо на теплопостачання), запропоновано заходи з термомодернізації будівель та наголошується на необхідності дотримання відповідності теплотехнічних показників будівель нормативним вимогам.

Аналіз впливу величини витрати теплоносія на температуру в середині приміщення [3] показує, що дискретне місцеве регулювання напірних характеристик в живильному трубопроводі шляхом встановлення запірних шайб сприяє додержанню температурного графіка теплопостачання.

У централізованих системах теплопостачання як теплоносій використовується перегріта вода, максимальна температура якої при подачі в системи опалювання житлових і суспільних будівель обмежується значеннями 95...105°C [1]. Для зниження температури мережевої води найбільше застосування отримали водострумний елеватор або регулюючі клапани. Елеватори встановлюються тільки в системах із залежним приєднанням, що є характерним для більшості об'єктів бюджетної сфери. Регулюючі клапани використовуються в системах як із залежним, так і із незалежним приєднанням до теплової мережі. Основним недоліком елеватора є неможливість при постійному коефіцієнті змішення забезпечити пропорційне регулювання для забезпечення мінімальних температур (60...70°C) мережевої води в системі гарячого водопостачання.

Керування системою індивідуальної корекції параметрів теплоносія дозволить вирівняти температуру в будівлях в залежності від надходжень сонячної радіації та їх географічної орієнтації. Відсутність контролю в системі індивідуального керування призведе до розбалансування теплової системи будинку.

Оскільки при централізованому регулюванні неможливо врахувати індивідуальні особливості огорожуючих конструкцій всіх приєднаних споживачів, то в таких системах тепlopостачання неминуче виникає проблема «перепалів» та «недопалів».

**Метою роботи** є підвищення ефективності систем місцевого опалення в умовах нестабільного режиму роботи централізованого тепlopостачання за рахунок впровадження автоматизованих систем керування температурою теплоносія.

**Матеріал і результати дослідження.** За результатами енергетичних аудитів ряду навчальних закладів бюджетної сфери, проведених нами у складі спеціалізованої групи енергодосліджень та енергозбереження при КНТУ, виявлено значні відхилення температури теплоносія від нормативних значень згідно температурному графіку протягом опалювального періоду. Характер цих невідповідностей, наприклад, для Світловодського коледжу, показаний на рис. 1; він свідчить про неефективну роботу тепlopостачальної організації.

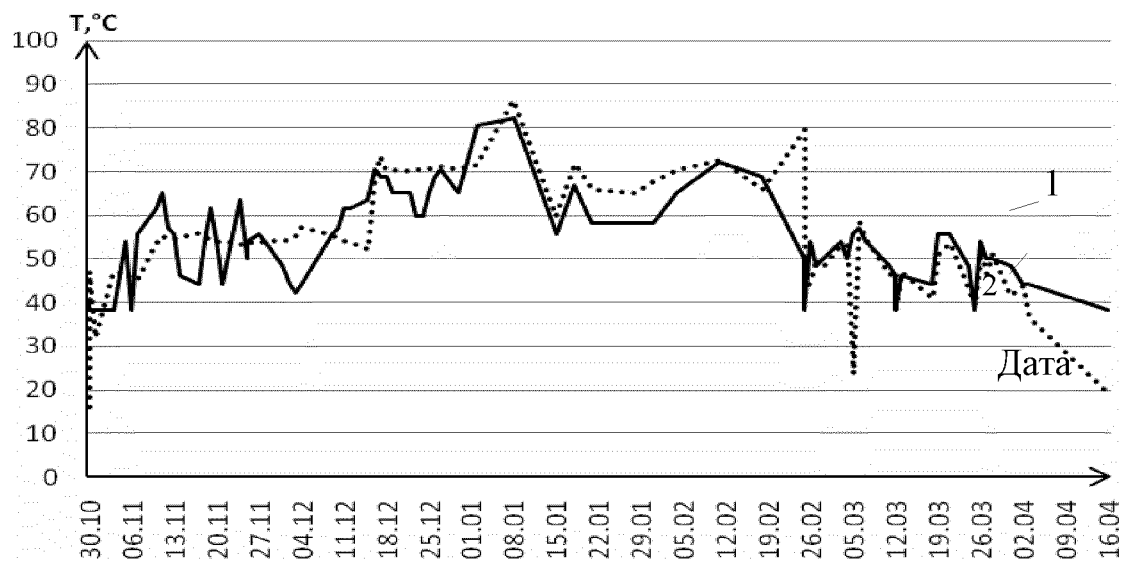


Рисунок 1 - Динаміка температури теплоносія протягом сезону 2010/2011 року: реального (крива 1) та згідно нормативного графіку (крива 2)

Видно, що характер температурних графіків на рис. 1 є аналогічним, проте має місце зміщення графіків один відносно другого, що вказує на інерційність централізованих теплових мереж і відсутність засобів ефективного централізованого керування параметрами теплоносія.

На рис.2 показано степінь відхилень температури теплоносія від нормативних, видно, що відхилення досягають неприпустимо великих значень. Це свідчить про неефективність використання теплової енергії як в плані «перепалів» (наприклад, до 30°C для 24.02.2011 року), так і «недопалів» (наприклад, до -35°C для 05.03.2011 року).

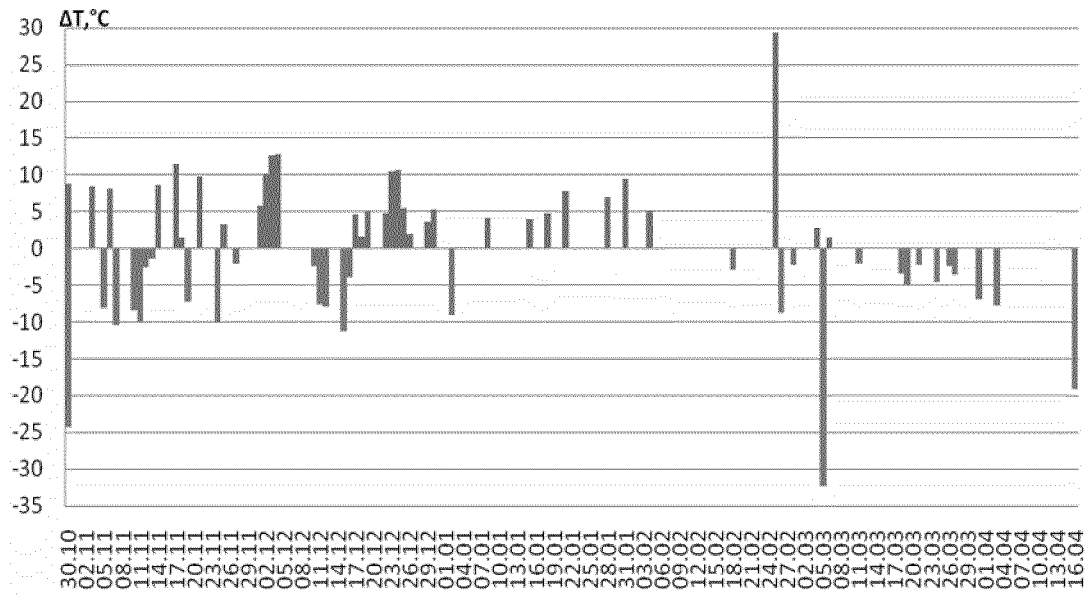


Рисунок 2 - Відхилення температури теплоносія протягом опалювального сезону 2010-2011 р. від нормативного значення

На рис. 3 представлений розкид температур теплоносія відносно нормативного графіку. Лінійна апроксимація розкиду дала можливість оцінити діапазон розходжень для прийняття рішення щодо необхідності застосування автоматизованої системи керування (АСК) температурою теплоносія на місцевому рівні.

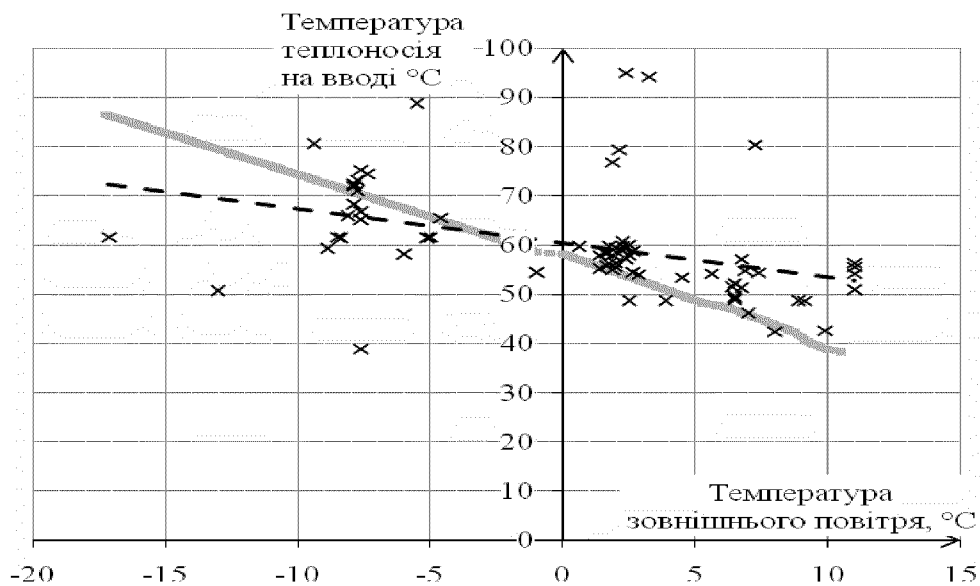


Рисунок 3 - Розкид температур теплоносія (точки ×), апроксимований прямою 1, відносно нормативних значень на ввіді (крива 2)

Аналіз даних з рис. 3 показав, що за від'ємних температур зовнішнього повітря від  $-17^{\circ}\text{C}$  до  $-3^{\circ}\text{C}$  спостерігаються «недопали», при цьому, чим нижча температура, тим більший «недопал». Натомість, в усьому діапазоні додатних температур повітря в системі опалення виникають «перепали». Наприклад, на початку опалювального сезону 3.11.2010р при температурі зовнішнього повітря  $t_{\text{зовн}}=+10^{\circ}\text{C}$  – температура теплоносія в подаючому трубопроводі мала би бути  $t_{\text{норм}}=+38,3^{\circ}\text{C}$ , натомість реальна температура

теплоносія становила  $t_1=+48,7^{\circ}\text{C}$ . Внаслідок цього споживач витрачав додаткові кошти на непотрібний «перепал», відновлюючи комфортну температуру у приміщеннях, наприклад, за допомогою відкриття вікон.

Згідно [4] енергопостачальна організація має забезпечити безперебійний відпуск теплоти споживачам за умови, що відхилення температури  $\Delta T$  не перевищуватиме  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , а відхилення за кількістю теплоти - 10%. Якщо параметри теплоносія не відповідають зазначеним вимогам, енергопостачальна організація повинна виплачувати споживачу штраф у розмірі 25% від вартості відпущеної теплоти.

Аналіз розбіжностей між нормативною та реальною температурами теплоносія протягом 2008-2011 років приведений на рис. 4.

З графіків на рис. 4 випливає, що  $\Delta T$  між нормативним та реальним графіком теплоносія випадає за допустимі межі відхилень температур  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , що вказує на наявність «перепалів» в системі опалення.

Прослідковується негативна тенденція до зростання  $\Delta T$  – з 2008 по 2011 рік  $\Delta T$  зросло з 39 до 81%. Порівняння з даними метеорологічних спостережень засвідчує, що тенденція до зростання  $\Delta T$  не викликана коливаннями зовнішньої температури. Фактори, які формують перепали не залежать від індивідуальних особливостей споживача або його теплової мережі, вони викликані порушенням режиму роботи теплової системи.

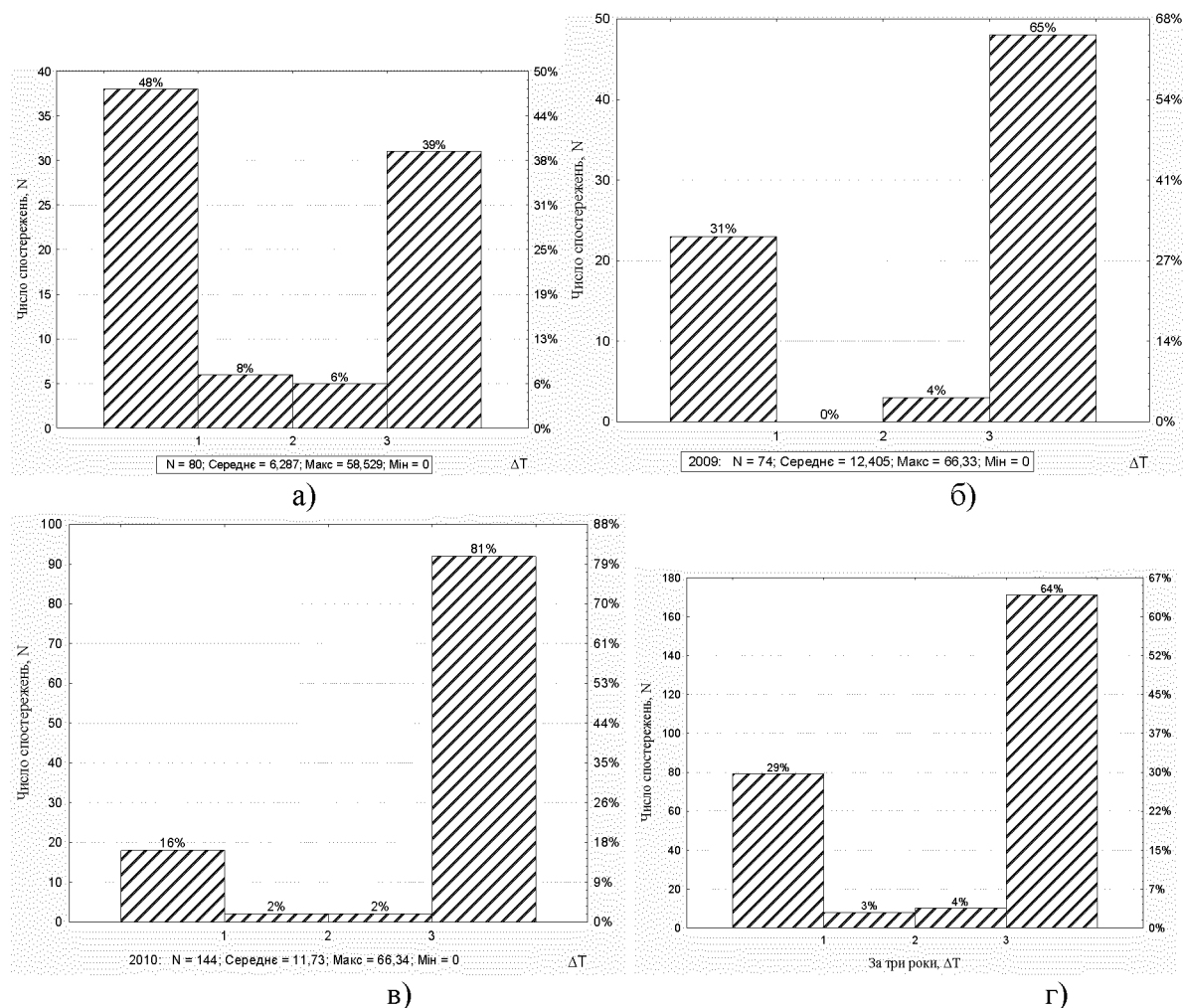


Рисунок 4 - Гістограми розподілу відхилення температури носія від нормативного значення за опалювальний сезон: а) 2008-2009 р; б) 2009-2010 р; в) 2010-2011 р; г) загальний за 2008-2011 р

Для визначення корегуючого впливу на температуру теплоносія та знаходження

Його аналітичного виразу, нами проведено дослідження «перепалів» в системі тепlopостачання з використанням програми STATISTICA v.6.148. Апроксимація вибіркового розподілу температур різних теоретичними типами розподілів показала, що найбільш адекватно процес виникнення «перепалів» описується розподілом Вейбулла (рис. 5).

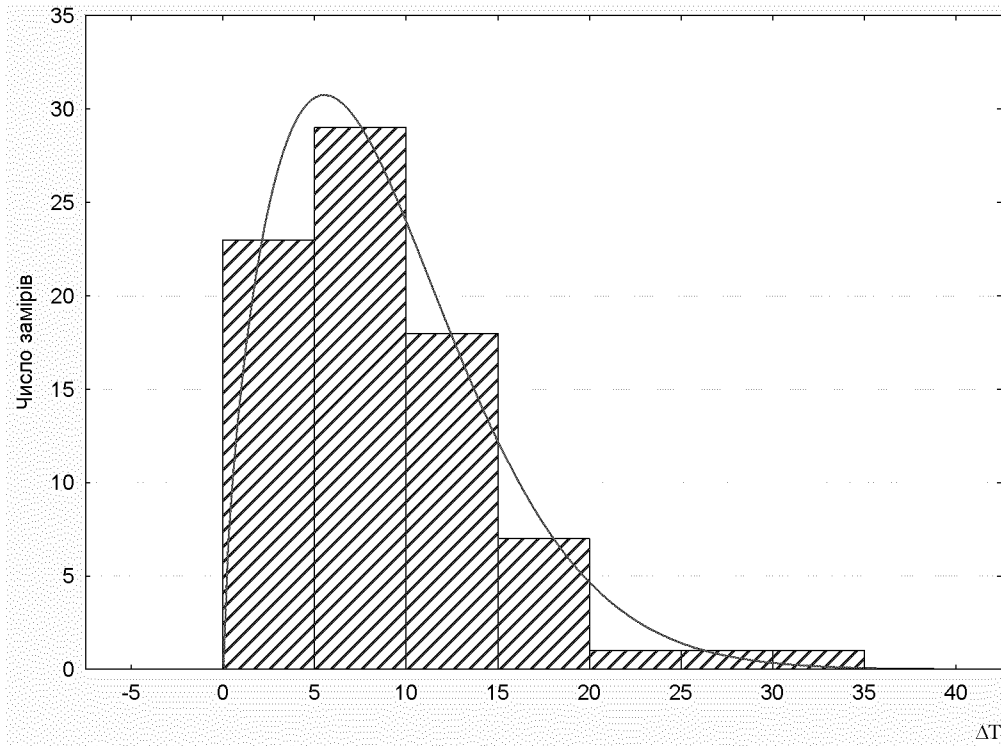


Рисунок 5 - Розподіл «перепалів» протягом опалювального сезону

Щільність розподілу має вигляд:

$$f(\Delta T) = c/b * (\Delta T/b)^{(c-1)} * e^{-(\Delta T/b)^{2c}}, \quad (1)$$

для  $0 \leq \Delta T < \infty$ ,  $b > 0$ , and  $c > 0$ ,

де  $b$  – параметр масштабу;

$c$  – параметр форми.

Отримана залежність (1) дозволить сформувати керуючий сигнал для диспетчера теплових систем, або при використанні місцевої АСК.

Для економії коштів на оплату тепlopостачання за рахунок усунення «перепалів» нами розроблена АСК з терморегулятором та додатковим насосом замість елеватора (рис 6). АСК дозволяє усувати «перепали» за рахунок підмішування охолодженої води із зворотного трубопроводу  $T2$ , яке наприклад, для 3.11.2010 року становило 11% від подачі.

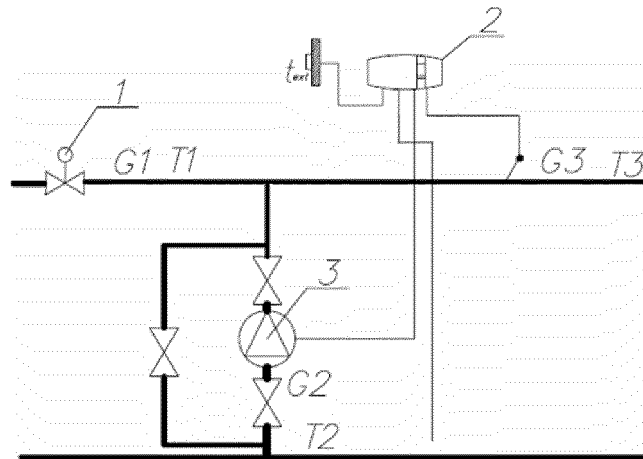


Рисунок 6 - Схема елеваторного вузлу системи опалювання з відцентровим насосом на перемичці  
1 - регулятор перепаду тиску; 2 - контролер; 3 - відцентровий насос

Принцип роботи системи на рис.6 оснований на контролі кількості теплоносія  $G3$  та температури теплоносія  $T3$  в живильному трубопроводі теплової системи будівлі. Контроллер 2 подає керуючий сигнал на регулятор тиску 1 та насос 3. В залежності від температури зовнішнього повітря, теплоносія в живильному трубопроводі  $T1$  та температури в приміщенні  $t_{ext}$  регулюється кількість теплоносія  $G1$ , який змішуючись з певною кількістю теплоносія зі зворотнього трубопроводу  $G2$ , буде надходити до теплової системи будівлі в кількості  $G$  із заданою контроллером температурою  $T3$ . Таким чином, впливаючи на кількість та температуру теплоносія, можна створити більш комфортні умови для життєдіяльності людини та уникнути переплати за «перепали».

Основні функції регулювання в АСК виконує мікропроцесорний блок управління (МБУ), який передбачає можливість:

- а) регулювання температури теплоносія в залежності від кліматичних умов;
- б) відключення системи у неробочий час (ніч, вихідний день тощо).

При регулюванні у відповідності до кліматичних умов на теплових пунктах об'єктів в якості виконавчих механізмів використовуються регулюючі клапани та підживлюючі насоси.

МБУ призначений для автоматичної підтримки заданого значення температури в приміщенні. Принцип роботи МБУ полягає в підтримці температури в системі тепlopостачання об'єкту відповідно до заданого значення або нормативного температурного графіка за допомогою регулювання температури теплоносія в подаючому трубопроводі. Мікропроцесор періодично опитує датчі температури і видає керуючі сигнали на виконавчі механізми, що визначаються розузгодженням між виміряною та нормативною температурою теплоносія, а також температурою у приміщенні.

Принципова схема автоматизованої системи регулювання температурою теплоносія представлена на рис. 7.

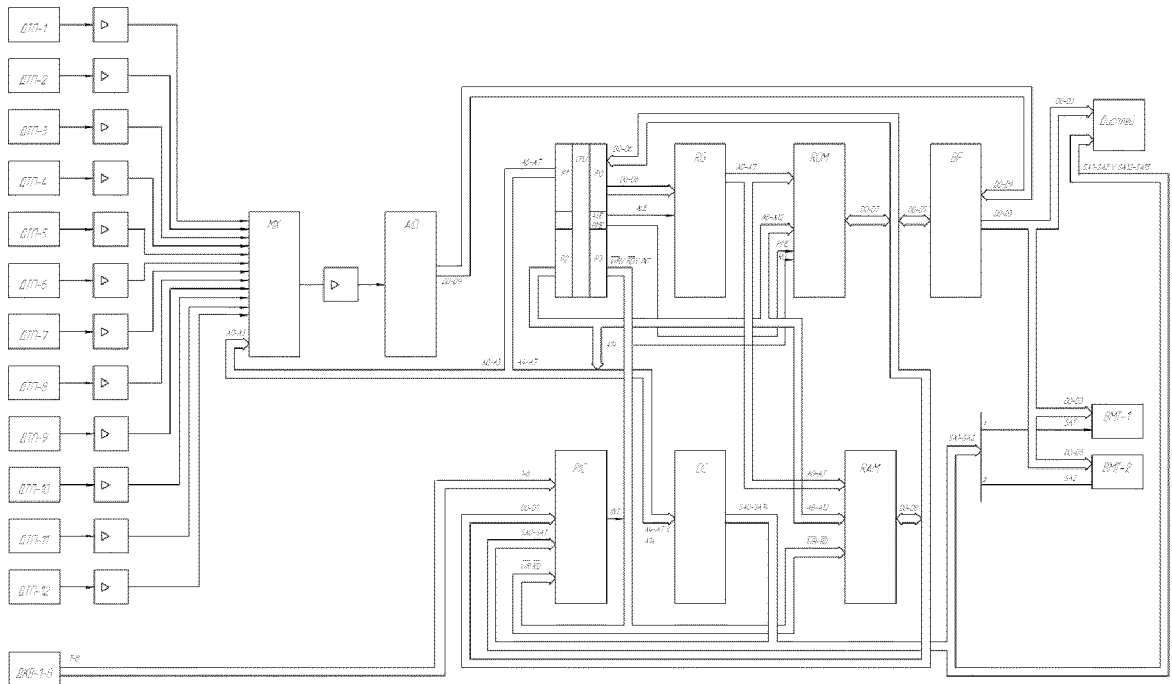


Рисунок 7 – Автоматизована система регулювання температурою теплоносія

Підсилені сигнали від датчиків надходять на входи двох восьмибитових мультиплексорів. Вихідні сигнали мультиплексорів на базі ОМП КР1816BE51, які входять до блоку центрального керування. Робота пристрою розпочинається із завантаження програми з ПЗП (DD10) при включенні живлення. Дані з ПЗП зчитуються в порт P0 ОМП (DD5) по байтно. Адресація зчитування видається через порт P0 та P2. Молодший байт адреси A0-A7 з потру P0 надходить на адресні входи ПЗП через регістр RG (DD7) по сигналу ALE від ОМП, старші розряди A8-A12 надходять на адресні входи ПЗП з порту P2 через буферний регістр BF (DD12) при постійному дозволі пропуску.

Після введення початкових даних програма переходить до режиму опитування датчиків. Комутація датчиків здійснюється центральним процесором (ЦП) по адресним шинам A0-A3, які видаються з порту P1 на адресні шини мультиплексорів MX1 і MX2 (DD3 і DD4). Аналогові сигнали з виходу кожного датчика в послідовності згідно адресації зкомутовані мультиплексором надходять через підсилювач (DA1) на вхід аналогово-цифрового перетворювача АЦП (DA2). З виходу АЦП десятирозрядний двійковий код, пропорційний рівню вхідного сигналу, надходить через буферні регістри формувачі (DD12, DD 13) на входи P0.0-P0.7 мікропроцесора, звідки згідно встановленою ЦП адресою надходить на вхід ОЗП (DD11). Після опитування і занесенням вхідних даних в ОЗП всіх 12 датчиків, мікропроцесор переходить на програму їх обробки, формуванню і видачі керуючих сигналів на пристрої регулювання. При виконанні керуючих дій працюють датчики ДП13, ДП14 – оцінки параметрів регулювання, дані з яких також надходять через АЦП в мікропроцесор, які потім оцінюються програмою розрахунку даного параметра для даного регулятора.

Дешифратор DD9 згідно адресним входам A4-A7 порту P1 та A6 порту P2 виробляє сигнали вибірки окремих пристроїв керування – положення клапана. Вхідна інформація задається з клавіатури, а вихідні дані виводяться на дисплей, керування якими задається програмно.

Розрахунковий строк окупності впровадження розробленого енергозберігаючого заходу з АСК становить близько 5 років.

### Висновки.

1. Розробці автоматизованої системи керування температурою теплоносія повинне передувати енергетичне обстеження огорожуючих конструкцій, а результат економічної ефективності впровадження АСК порівнюватися з даними енергоаудиту будівлі. Використання АСК усуває наявність перепалів в системі тепlopостачання.

2. Керування системою індивідуальної корекції теплоносія дозволить зрівняти температуру в приміщеннях будівлі, яка може суттєво відрізнитись в залежності від надходжень сонячної радіації, їх географічного положення та інших факторів.

3. Наявність штучних впливів, таких як протяги, включення локальних опалювальних пристроїв тощо, може призводити до хибних спрацювань АСК; стабільність роботи АСК забезпечується з допомогою програмних засобів керування.

## Список літератури

1. Ратушняк Г.С., Попова Г.С., Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання. /Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 120 с.
2. Дешко В.И. Структурный анализ энергопотребления и энергосбережения в сфере образования // В.И.Дешко., Е.Н. Шевченко/Наукові вісті НТТУ «КП». №6, 2011. - С. 139—147..
3. Планування рівня теплоспоживання в бюджетних закладах / В.І. Дешко, О.М. Шевченко, М.М. Шовкалюк, О.М. Верхотуров // Енергетика та електрифікація. — 2008. — № 12. — С. 24—28.
4. Методика інспекторських перевірок ЖКС та стану дотримання вимог нормативів енергозбереження у житловому фонді незалежно від їх форми власності та підпорядкованості [Електронний ресурс]: (сайт «Закон и норматив»).– Режим доступу до статті: [www.licasoft.com.ua](http://www.licasoft.com.ua).

*И. Савеленко, П.Плешков, С. Серебренников, И. Переверзев*

**Автоматизированное регулирование режима местного отопления при некачественном централизованном теплоснабжении**

Приведены результаты энергетического аудита, обнаружено наличие перетопов и недотопов в системе централизованного теплоснабжения. Разработана автоматизированная система управления температурным режимом в помещениях.

*I. Saveenko, P. Pleshkov, S. Serebrennikov, I. Perevezev*

**Automated control regime of local heating in poor quality district heating**

The presented results of the energy audit revealed the presence of "surplus heat" and "insufficient heat" in the district heating system. Working-out automated system temperature regime in building.

Одержано 20.09.12