

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАЦІЯ НА КОНФЕРЕНЦІЇ ««AUTOMATION ANND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2025)

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ

Редькін К.С., Янушкевич Д.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

kyrylo.redkin@nure.ua

Анотація: Метою роботи є вдосконалення методів оцінки якості функціонування центральних теплових пунктів. В умовах енергетичної кризи підвищення ефективності теплопостачання стає критично важливим. У роботі запропоновано системний підхід, що базується на аналізі показників призначення та надійності. Розглянуто роль сучасних засобів контролю та автоматизації в забезпеченні стабільності роботи ЦТП. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації управління тепловими мережами та зниження енергетичних втрат.

Ключові слова: теплопостачання, центральний тепловий пункт, якість, енергоефективність, надійність

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF HEAT SUPPLY IN A CENTRAL HEATING STATION

Redkin K.S., Yanushkevich D.A.

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

kyrylo.redkin@nure.ua

Annotation: The aim of the work is to improve the methods for assessing the quality of functioning of central heating stations. In the context of the energy crisis, improving the efficiency of heat supply becomes critically important. The paper

proposes a systematic approach based on the analysis of indicators of purpose and reliability. The role of modern control and automation tools in ensuring the stability of the district heating plant is considered. The obtained results can be used to optimize the management of heat networks and reduce energy losses.

Keywords: heat supply, central heating station, quality, energy efficiency, reliability

У сучасному світі, де енергоефективність та надійність комунальної інфраструктури стають все більш важливими, питання якості теплопостачання в центральних теплових пунктах набуває особливого значення. Відсутність чітких і уніфікованих методів оцінки ускладнює виявлення недоліків у роботі обладнання, що, в свою чергу, погіршує комфорт споживачів і призводить до збільшення втрат теплової енергії.

Розробка ефективної методики оцінки якості дозволить швидко виявляти відхилення в параметрах теплопостачання, оптимізувати технічне обслуговування та зменшити витрати на енергоносії. Таким чином, створення науково обґрунтованого методу є важливим завданням, яке допоможе підвищити ефективність роботи центрального теплового пункту

Сучасні теплові пункти міст відповідають складним технологічним системам, що складаються з основних взаємопов'язаних теплофікаційних процесів, магістральних та допоміжних теплових мереж, а також просторово розподілених мереж теплопостачання та гарячого водопостачання.

При перевірці якості послуг теплопостачання враховуються :

- своєчасність початку і закінчення опалювального сезону;
- безперервність надання послуги з постачання теплової енергії;
- відповідність тиску теплоносія встановленим параметрам тиску;
- відповідність температури теплоносія температурному графіку теплової мережі в частині температури подавального трубопроводу відповідно до умов договору.

Щоб провести більш глибоку та системну оцінку ефективності роботи теплового пункту, цих параметрів недостатньо. Тому виникає потреба у впровадженні чітко визначених показників якості.

Вони дозволяють оцінити якість функціонування обладнання не лише з точки зору формальної відповідності, але й з урахуванням реальної енергетичної ефективності, надійності, довговічності та здатності системи забезпечувати споживачів теплом відповідно до їхніх очікувань та нормативів (рисунок 1).

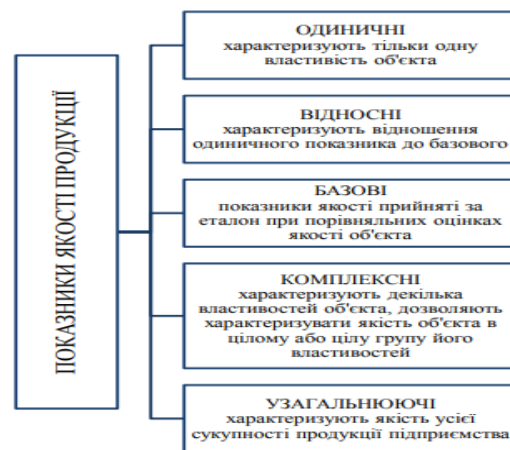


Рисунок 1 – показники якості продукції

Для оцінки рівня якості продукції всі показники якості згруповані. Класифікація груп які будуть розглядатись в цій науковій роботі:

- показники призначення;
- показники надійності;

Показники призначення. Група показників призначення характеризує ступінь відповідності виробу його цільовому призначенню, а також властивості, що визначають основні функції, для виконання яких виріб призначений.

Показники призначення визначають і сферу застосування даного виробу.

Група показників призначення складається з таких підгруп:

- класифікаційних;
- функціональних;
- конструктивних;
- складу та структури.

Класифікаційні показники характеризують належність даної продукції до відповідної класифікаційної групи, оскільки будь-яка сукупність однорідної продукції має свою класифікацію.

Функціональні показники характеризують корисний ефект від експлуатації або вживання продукції, а також прогресивність технічних рішень, які були реалізовані в даній продукції.

Конструктивні показники характеризують основні проектно-конструкторські рішення, зручність монтажу та установки, можливість агрегування та взаємозамінності продукції.

Показники складу та структури характеризують в оброблених матеріалах кількість домішок хімічних елементів та структурний стан цих матеріалів.

Надійність – це властивість виробу зберігати в установлених часом межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виробу виконувати відповідні функції в заданих режимах і умовах використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання, транспортування і інших дій.

До показників надійності відносять:

– безвідмовність властивість виробу безупинно зберігати працездатність протягом заданого часу або наробітку в певних умовах експлуатації.

– довговічність властивість виробу зберігати в часі працездатність, із необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту, до його граничного стану, застереженого технічною документацією.

– ремонтпридатність властивість виробу, що полягає в його пристосованості до підтримки і відновлення працездатного стану шляхом виявлення та усунення дефекту й несправності технічною діагностикою, обслуговуванням або ремонтом.

– збереженість властивість виробів безупинно зберігати значення встановлених показників його якості в заданих межах протягом тривалого зберігання і транспортування.

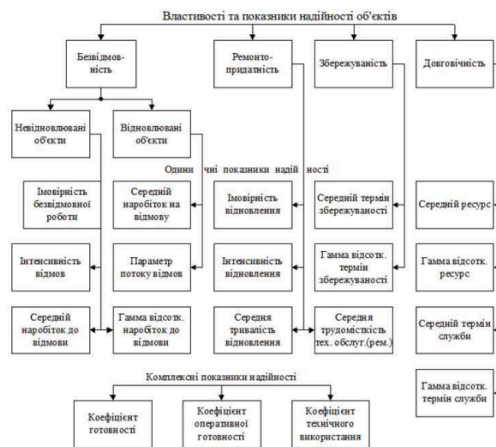


Рисунок 2 – показники надійності

До основних характеристик призначення центрального теплового пункту належать показники, що впливають на його здатність виконувати обов'язки відповідно до проектного навантаження та відповідність сучасним вимогам до систем тепlopостачання.

Серед функціональних показників особливо важлива теплова потужність теплового пункту, яка визначає його здатність забезпечити певний рівень теплового навантаження для споживачів. Серед функціональних показників також варто відзначити енергоефективність питомі витрати теплової енергії на одиницю відпущеного тепла.

Конструктивні показники стосуються просторових і техніко-технологічних характеристик ЦТП. Сюди входять габаритні розміри об'єкта, які повинні відповідати умовам існуючої забудови або технічного приміщення.

Компактність системи, зручність монтажу і демонтажу, модульність, можливість компонування в різних конфігураціях, а також взаємозамінність основних функціональних блоків мають вагоме значення в процесі проектування та експлуатації. Конструктивні рішення повинні забезпечувати простоту техобслуговування і доступ до вузлів управління та обліку.

Окремо слід розглянути показники складу та структури матеріалів, які мають значення в питаннях матеріалознавства. Вони включають характеристики

матеріалів теплообмінних апаратів і трубопроводів, такі як стійкість до корозії, високих температур і хімічного впливу. Важливими аспектами є хімічний склад конструкційних матеріалів, кількість небажаних домішок і їхня мікроструктурна організація.

Якість теплоізоляційних матеріалів впливає на енергоефективність і довговічність обладнання. Це визначає надійність системи в довгостроковій перспективі і її відповідність екологічним стандартам.

Енергоефективність виражається питомими витратами енергії і є невід'ємною частиною оцінки економічності процесів теплопередачі. З техніко-конструктивної точки зору важливими є габарити, компактність, зручність монтажу, модульність та взаємозамінність елементів ЦТП, що сильно впливають на можливість модернізації системи та її сумісність із сучасними технологіями.

Для забезпечення високої якості тепlopостачання в центральному тепловому пункті важливо впроваджувати сучасні технічні засоби контролю. Ці засоби дозволяють постійно стежити за параметрами роботи системи.

Серед них виділяються прилади для вимірювання температури та тиску теплоносія, які допомагають контролювати відповідність реальних параметрів нормативним значенням. Використовуються також теплотічильники, які визначають кількість теплової енергії, що надходить до споживачів, і дозволяють аналізувати енергоефективність системи. Автоматизовані системи керування й диспетчеризації типу SCADA забезпечують централізоване збирання даних, віддалене керування елементами системи та створення звітів щодо функціонального стану обладнання.

Важливий аспект контролю якості – аналіз фізико-хімічних властивостей теплоносія, включаючи вміст домішок, які можуть негативно впливати на довговічність матеріалів. Тепловізійний контроль допомагає виявляти зони теплових втрат, а діагностичні комплекси оцінюють стан механічних компонентів, таких як насоси та арматура. Це дозволяє не лише визначати поточний технічний стан системи тепlopостачання, але й запобігати аваріям, підвищуючи загальний рівень надійності та якості послуг.

Комплексне застосування цих технічних засобів є основою для формування об'єктивної, кількісної оцінки якості роботи ЦТП та служить інструментом для прийняття техніко-економічних рішень щодо його модернізації та експлуатації.

Висновки. Оцінювання якості функціонування центрального теплового пункту має виходити за рамки стандартних технічних обстежень і застосовувати системний підхід. Показники, що стосуються орієнтації на ціль і надійності, дозволяють глибше зрозуміти ефективність, стабільність та економічність роботи системи в реальних умовах.

Сучасні засоби контролю займають важливе місце в цьому процесі, зокрема автоматизовані системи управління, датчики, аналізатори теплоносія та теплотічильники. Ці інструменти забезпечують своєчасне виявлення проблем і дозволяють оперативно коригувати роботу системи. Такий підхід сприяє зменшенню теплових втрат, покращенню обслуговування споживачів і оптимізації експлуатаційних витрат.

Таким чином, розробка ефективної методики оцінювання якості центральних теплових пунктів є ключовим кроком для підвищення рівня енергоефективності та надійності системи теплопостачання у сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Янушкевич Д.А., Іванов Л.С. Сучасні аспекти застосування систем управління якістю Quality 5.0 на базі концепції Industry 5.0. Цифрові інновації та сталий розвиток / Digital innovations and sustainable development (DI&SD2024): матеріали Міжнародної конференції, Харків, ХНУРЕ, 15 листопада 2024 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2024. – С. 38-40.
2. Управління якістю теплопостачання на регіональних ринках теплової енергії | О О Воронков | Ефективна економіка №1 2012. Журнал «Ефективна економіка» - наукове фахове видання з питань економіки. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=906> (дата звернення: 23.04.2025).
3. Класифікація показників якості продукції - Бібліотека BukLib.net. Головна - БібліотекаBukLib.net. URL: <https://buklib.net/books/36015/> (дата звернення: 23.04.2025).
4. Головна - Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/lekcija-6-pokaznyky-nadijnosti-modeli-rozpodilu-vidmov.pdf> (дата звернення: 23.04.2025).
5. Малюк О., Саприкіна Т. Оцінка якості продукції промислового підприємства. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/19_ukr/74.pdf (дата звернення: 23.04.2025).

ДОДАТОК Б

Лістинг програми:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <random>
#include <thread>
#include <chrono>
#include <iomanip> // для std::fixed і std::setprecision
#include <Windows.h>
using namespace std;

double compute_target_temperature(double outside_temp) {
    return -1.8 * outside_temp + 93;
}

bool sensor_ok(double value) {
    return (value >= -30 && value <= 120);
}

void print_with_delay(const string& msg, int delay_ms = 300) {
    cout << msg << endl;
    this_thread::sleep_for(chrono::milliseconds(delay_ms));
}

int main() {
    SetConsoleOutputCP(1251);
    SetConsoleCP(1251);
```

```
random_device rd;
mt19937 gen(rd());
uniform_int_distribution<> distr(-15, 10);

double actual_temp = 103;
double return_temp = 40;
double room_temp = 21;

bool manual_mode = false;

cout << fixed << setprecision(1); // Встановлюємо округлення до десятих

print_with_delay("=== Система регулювання температури теплоносія ===");

int days = 5;

for (int day = 0; day < days; day++) {
    int outside_temp = distr(gen);
    print_with_delay("\nДень " + to_string(day + 1));
    print_with_delay("Зовнішня температура: " + to_string(outside_temp) + " °C");

    if (!sensor_ok(outside_temp) || !sensor_ok(actual_temp) ||
        !sensor_ok(return_temp) || !sensor_ok(room_temp)) {

        print_with_delay("ПОМИЛКА: Некоректний сигнал з одного з датчиків!");
        print_with_delay("Перехід у ручний режим.");
        manual_mode = true;
    }

    if (manual_mode) {
```

```

print_with_delay("Режим: РУЧНИЙ. Оператор керує клапаном вручну.");
continue;
}

double target_temp = compute_target_temperature(outside_temp);
    print_with_delay("Обчислена необхідна температура подачі: " +
to_string(target_temp) + " °C");

// Один цикл для регулювання
for (int step_count = 0; step_count < 10; step_count++) {
    string command;

    if (actual_temp < target_temp - 2) {
        double diff = target_temp - actual_temp;
        command = (diff > 10.0) ? "Різка відкриття клапана" : "Відкрити клапан
(потрібно більше тепла)";
    }
    else if (actual_temp > target_temp + 2) {
        double diff = actual_temp - target_temp;
        command = (diff > 10.0) ? "Різка закриття клапана" : "Закрити клапан
(надлишок тепла)";
    }
    else {
        command = "Клапан залишити без змін (температура комфортна)";
    }

    print_with_delay("Рішення контролера: " + command);
    print_with_delay("Виконання команди клапана...");

    double step = 3.0;

```

```

if (command.find("Різке") != string::npos)
    step = 7.0;

    if (command.find("відкриття") != string::npos || command.find("Відкрити") !=
string::npos)
        actual_temp += step;
    else if (command.find("закриття") != string::npos || command.find("Закрити")
!= string::npos)
        actual_temp -= step;

        print_with_delay("Поточна температура теплоносія: " +
to_string(actual_temp) + " °C");

if (command.find("залишити") != string::npos)
    break;

if (return_temp < 20 || room_temp < 5) {
    print_with_delay("КРИТИЧНА СИТУАЦІЯ! Перехід у ручний режим.");
    manual_mode = true;
    break;
}
}

if (manual_mode)
    print_with_delay("Режим: РУЧНИЙ. Оператор керує клапаном вручну.");
}

print_with_delay("\n=== Робота системи завершена ===");
return 0;
}

```

№ доку-мента	Позначення	Найменування	Додаткові відомості			
		<u>Текстові документи</u>				
1	ГЮИК. 442351.007 ПЗ	Пояснювальна записка	A4, 81 с.			
		<u>Додаткові матеріали</u>				
2		Демонстраційний матеріал у вигляді презентації	A4, 11 с.			
3		Додаток А Публікація на конференцію «Automation and development of electronic devices» ADED-2025)	A4, 8 с			
4		Додаток Б Лістинг програми	A4, 4 с			
		ГЮИК.442351.007 ВД				
Змін.	Арк.	Номер докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Редькін К.С.				
Перевір.		Іванов Л.С.				
Н.контр.		Демська Н.П.				
Затв.		Невлюдов І.Ш.				
		Розробка автоматизованого модуля адаптивної системи центрального теплового пункту для подачі опалення теплоспоживачам		Літера Н	Аркуш 1	Аркушів 1
				Кафедра КІТАР ХНУРЕ		