

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ЗАЙЦЕВА ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 621.125

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТЕПЛОЛІЧІЛЬНИКІВ ДЛЯ СИСТЕМ  
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Спеціальність 05.11.16 - Інформаційно-вимірювальні  
системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1994



00778786 (0)

Дисертацією є рукопис  
Робота виконана на  
техніки Київського політех

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор  
Ціделко Владислав Дмитрович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор  
Скрипник Юрій Олексійович;  
кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник  
Василевський Георгій Миколайович

Провідне підприємство - Інститут проблем енергозбереження  
Академії наук України

Захист відбудеться "19 вересня 1994 р. в 14<sup>30</sup> годин на  
засіданні Спеціалізованої Ради К. 068.14.14 в Київському  
політехнічному інституті (252056, м. Київ-56, пр. Перемоги, 37,  
корп. 18, ауд. ).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Київського  
політехнічного інституту.

Відгуки на автореферат ( в двох екземплярах, завірені  
печаткою установи) просимо надсилати на адресу інституту  
вченому секретарю Спеціалізованої Ради К 068.14.14 по захисту  
дисертацій

Автореферат розісланий "18 липня 1994 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої Ради

В. В. Литвіук

## АНОТАЦІЯ

Метою дисертаційної роботи є розробка методик, структур та схемних рішень, спрямованих на досягнення високих метрологічних характеристик теплолічильників для систем централізованого тепlopостачання.

Для досягнення встановленої мети в роботі виконані:

1. Аналіз відомих методів та засобів вимірювання кількості теплової енергії (КТЕ).
2. Аналіз рівняння перетворення та аналітичного виразу сумарної похибки теплолічильника.
3. Розробка інженерної методики, яка дозволяє по заданій точності приладу визначити граничні складові похибки та параметри функціональних вузлів теплолічильника.
4. Розробка та дослідження нових структур цифрових теплолічильників, що забезпечують високу точність вимірювання.
5. Розробка та дослідження структурних методів зменшення методичних і компенсації інструментальних похибок аналого-цифрових теплолічильників.

Автор захищає:

- методику визначення похибки вимірювання КТЕ в системах тепlopостачання з урахуванням щільності розподілу теплового навантаження;
- узагальнений аналіз рівнянь перетворення та сумарної похибки теплолічильника;
- інженерну методику розрахунку параметрів функціональних вузлів теплолічильників;
- вимірювальні структури теплолічильників, що забезпечують високі метрологічні та техніко-економічні показники приладів.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В системах централізованого тепlopостачання споживається близько 30 % теплової енергії, що отримується від спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива, тому економія теплоти в цій галузі є важливою задачею.

Облік теплової енергії за допомогою приладів дозволяє здійснити економію паливно-енергетичних ресурсів за раху-

нок виявлення втрати теплової енергії. Застосування теплолічильників з автоматичним введенням в процес обчислення поточних значень змінних параметрів теплоносія дозволяє знизити похибку вимірювання, звільнити персонал від трудомістких розрахунків. Таким чином, розробка та дослідження нових засобів вимірювання КТЕ з покращеними метрологічними характеристиками є актуальною задачею.

Методи досліджень. В роботі використані методи та положення теорії вимірювань, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії чутливості, чисельного аналізу.

Наукова новина результатів, здобутих в дисертаційній роботі, полягає:

- в розробці методики та виконанні розрахунків по оцінці похибки вимірювання кількості теплової енергії, які можуть бути використані для апріорного визначення похибки при застосуванні вимірювальних приладів різних класів точності;

- в розробці на основі рівнянь перетворення та сумарної похибки інженерної методики розрахунку параметрів функціональних вузлів теплолічильника;

- в розробці структури теплолічильника, яка реалізує обчислення функції КТЕ за точною формулою з урахуванням тиску теплоносія і заснована на таблично-алгоритмічному методі;

- в розробці структури теплолічильника з використанням зменшеного об'єму пам'яті та розробці методики синтезування таблиць постійних запам'ятовуючих пристроїв (ІЗП) по заданій похибці апроксимації;

- в розробці структур аналого-цифрових теплолічильників, що дозволяють зменшити методичні та компенсувати інструментальні похибки.

Практична цінність. Розроблена методика розрахунку похибки вимірювання КТЕ дозволяє апріорно визначити граничні похибки при застосуванні приладів різних класів точності.

Запропоновані структури теплолічильників дозволяють підвищити точність вимірювання КТЕ внаслідок урахування тиску теплоносія, зменшити методичні та компенсувати інструментальні похибки.

Запропонована структура теплолічильника із зменшеним об'ємом ІВП дозволяє покращити такі техніко-економічні характеристики як габаритні розміри, маса, споживана потужність.

Запропонований спосіб калібровки теплолічильника дозволяє знизити вимоги до точності первинних перетворювачів температури при зберіганні сумарної похибки, що дозволяє застосовувати більш дешеві комплектуючі.

Реалізація роботи. При використанні результатів досліджень автора та її безпосередній участі розроблено в Науково-дослідному та конструкторсько-технологічному інституті міського господарства та впроваджено у виробництво на Київському заводі "Еталон" вимірювачі тепла ІРТ-30, вимірювачі теплоти типу ІРТ та Теплолічильники СТЕ. По господарову між ІДКТИ МІ та Вінницьким СКТЕ "Тороїд" розроблено Теплолічильники електромагнітні ТОР та Теплолічильники ультразвукові ТУР, які серійно випускаються Вінницьким дослідним заводом "Аналог". Готується до серійного випуску теплолічильник СТ-1. Автором запропоновані структури теплолічильників, захищені авторськими свідоцтвами 909593, 1408253, 1458724, 1525484, 1727002.

Розрахунковий економічний ефект від впровадження теплолічильників складає 2320 тис.крб. (за станом цін на 1990 р.). В тому числі економічний ефект від використання розробок автора складає 900 тис. крб.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на:

Всесоюзній науково-технічній конференції "Методи та засоби теплофізичних вимірювань" (м. Севастополь, 1987 р.);

Республіканській науково-технічній конференції "Сучасний стан теплофізичного приладобудування" ( м. Севастополь, 1989 р.);

Школі-семінарі "Облік теплової енергії в системах теплопостачання"(м. Орел, 1992 р.).

Публікації. На тему дисертації опубліковано 25 друкованих робіт, в тому числі 10 авторських свідоцтв на винаходи.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури та додатків. Загальний об'єм роботи складає 176 сто-

рінок, в тому числі 110 сторінок основного тексту, 33 рисунки, 8 таблиць, додатки на 32 сторінках.

### ЗМІСТ РОБОТИ

Робота присвячена актуальній задачі - підвищенню точності приладів обліку КТЕ в системах тепlopостачання.

Ці системи являють собою комплекс технічних засобів для вироблення, транспортування та розподілу теплової енергії. Аналіз методів вимірювання КТЕ показав, що метод, заснований на першому законі термодинаміки, може бути використаний для вимірювання КТЕ на всіх об'єктах систем тепlopостачання. Виконана класифікація засобів вимірювання КТЕ. В роботі наведена методика та виконані розрахунки оцінки граничної похибки вимірювання КТЕ з урахуванням щільності розподілу теплового навантаження. Запропоновано для апріорного визначення граничної похибки використовувати моделюючу залежність щільності розподілу теплового навантаження, яка внаслідок відхилення від реальної призводить тільки до збільшення шуканої оцінки.

Для виводу рівняння перетворення та аналізу похибок необхідно розробити узагальнену схему теплорічного лічильника.

Один з найбільш ефективних методів апаратної реалізації функції є табличний метод, який базується на зберіганні в пам'яті таблиць значень функції. В зв'язку з тим, що при побудові обчислювальних пристроїв для відтворення функції багатьох змінних, об'єм постійного запам'ятовуваного пристрою (ПЗП) із зростанням довжини аргументів на кожний біт збільшується по показовому закону, була запропонована структура теплорічного лічильника, що реалізує таблично-алгоритмічний метод (рис.1). Сигнали з перетворювачів температури подаючого та зворотнього потоків ПП, ПТЗ за допомогою комутаторів К1, К2 та аналого-цифрового перетворювача АЦП перетворюються на коди, які використовуються як адреси для постійних запам'ятовуваних пристроїв ПЗП, ПЗП2, ПЗП3. На старші розряди ПЗП поступають коди тиску з задачників тиску ЗТ1, ЗТ2. В ПЗП записані коди густини, в

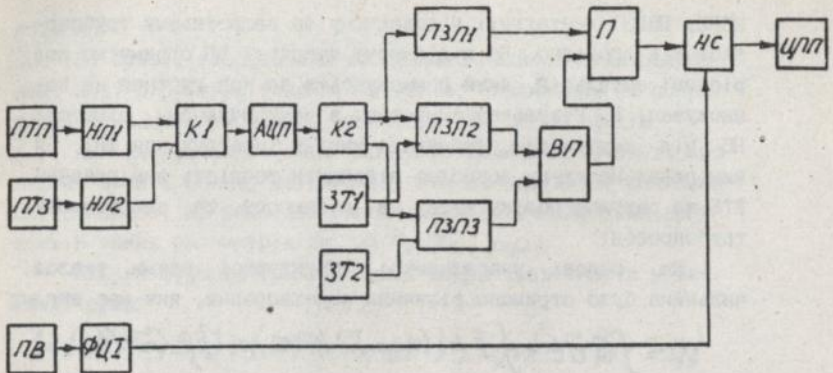


Рис. 1

ПП1, ПП2 - перетворювачі температури подаючого та зворотнього трубопроводів; ПП3 - перетворювач витрати; ПП4 - нормуючі перетворювачі; НП1, НП2 - нормуючі перетворювачі; К1, К2 - комутатори; ФЦІ - формувач циклів інтегрування; ЗТ1, ЗТ2 - задатчики тиску; ПЗП1, ПЗП2, ПЗП3 - постійні запам'ятовуючі пристрої; ВП - від'ємний пристрій; П - помножувач; НС - накопичуючий суматор; ЦПД - цифровий показуючий пристрій.

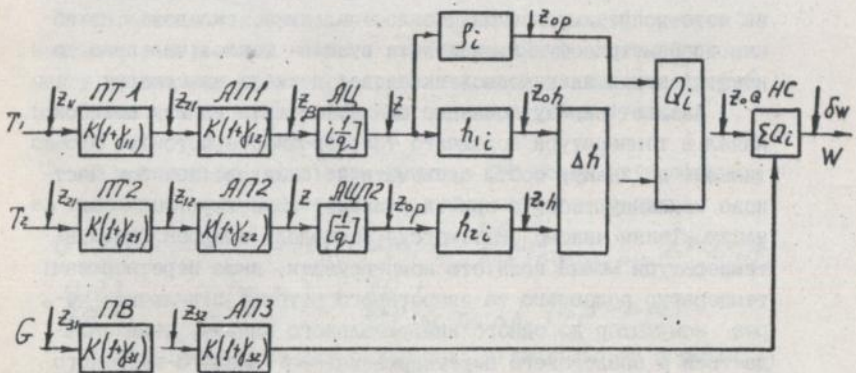


Рис. 2

Y - мультиплікативні похибки; z - адитивні похибки.

ПЗПЗ, ПЗПЗ - ентальпії в подаючому та зворотньому трубопроводах відповідно. На від'ємному пристрої ВП отримуємо код рівниці ентальпій, який помножується на код густини на помножувачі П. Результат сумується в накопичуючому суматорі НС під керуванням формувача циклів інтегрування ФЦІ. Ця вимірювальна схема дозволяє підвищити точність вимірювання КТЕ за рахунок обліку тиску в подаючому та зворотньому трубопроводі.

На основі узагальненої структурної схеми теплолічильника було отримано рівняння перетворення, яке має вигляд

$$W = \int_{\epsilon} Q dt = \int_{\epsilon} [h_1(\tau_1, \rho_1) - h_2(\tau_2, \rho_2)] \rho G_0 dt$$

де  $W$  - кількість теплової енергії;  $\tau_1, \tau_2$  - температура теплоносія в трубопроводах;  $\rho_1, \rho_2$  - тиск теплоносія в трубопроводах;  $h_1, h_2$  - питома ентальпія;  $\rho$  - густина;  $G_0$  - об'ємна витрата;  $\epsilon$  - час інтегрування.

Для аналізу сумарної похибки була розроблена структурна схема моделі похибки теплолічильника, наведена на рис. 2, на якій указані тип та місце виникнення складових похибок. Це дозволило вивести аналітичний вираз, який зв'язує допустиму похибку теплолічильника, складові похибки, параметри функціональних вузлів теплолічильника та коефіцієнти впливу кожної складової похибки на сумарну.

Аналіз виразу показав, що коефіцієнти впливу похибок каналів температури подаючого та зворотнього потоків протилежні по знаку, тобто систематичні складові похибок частково компенсуються, а при їх рівності компенсуються повністю. Таким чином, систематичні складові похибок каналів температури можна повністю компенсувати, якщо перетворювачі температур подаючого та зворотнього потоків підключити через комутатор до одного вимірювального каналу, який складається в аналогового перетворювача та аналого-цифрового перетворювача.

На основі аналітичного виразу сумарної похибки було розроблено інженерну методику розрахунку параметрів функціональних вузлів теплолічильника по заданій межі допустимої

похибки.

На основі теоретичних досліджень похибок були розроблені нові структури теплолічильників, спрямовані на покращення техніко-економічних характеристик цих приладів.

Для зменшення об'ємів ПЗП із збереженням точності проведено аналіз впливу вхідних змінних на результат обчислення. Показано, що найбільш економічним є використання аргументів таких параметрів як  $\Delta T$ ,  $T_x$ ,  $\Delta \rho$

КТЕ як функцію трьох змінних можна представити у вигляді суми:

$$Q(\Delta T, T_x, \Delta \rho) = f(\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0) + \psi_{i,j,s}(\Delta T, T_x, \Delta \rho)$$

де  $f(\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0)$  - значення розглядуваної функції у вузловій точці;  $\psi_{i,j,s}(\Delta T, T_x, \Delta \rho)$  - деяка коригуюча функція, значення якої підсумовуюються із значенням опорної функції, визначає значення вихідної функції до заданого значення точності її реалізації.

Знаючи, що функція повинна бути реалізована в заздалегідь задану точністю, можна підібрати таку коригуючу функцію, яка могла б бути однією для декількох вузлових точок, включених в деякий підінтервал.

З цього витікає, що число коригуючих функцій суттєво залежить від довжини кожного підінтервалу корекції. В свою чергу на довжину підінтервалу впливають вид вихідної функції, точність її представлення, вид коригуючої функції, спосіб вибору вузлових точок.

З достатньою точністю функцію КТЕ можна відтворити за допомогою ряду Тейлора з похідними першого порядку:

$$Q(\Delta T, T_x, \Delta \rho) = Q(\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0) + \frac{\partial Q}{\partial \Delta T} \Big|_{\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0} (\Delta T - \Delta T_0) + \frac{\partial Q}{\partial T_x} \Big|_{\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0} (T_x - T_{x0}) + \frac{\partial Q}{\partial \Delta \rho} \Big|_{\Delta T_0, T_{x0}, \Delta \rho_0} (\Delta \rho - \Delta \rho_0)$$

Базова структура для реалізації відповідно до формули представлена на рис. 3. В регістрах  $R\Delta T$ ,  $R T_x$ ,  $R\Delta \rho$  раберігаються значення аргументів  $\Delta T$ ,  $T_x$ ,  $\Delta \rho$ . В ПЗП записані значення функції у вузлах, в ПЗП2, ПЗП3, ПЗП4 - коригуючі поправки

2\*

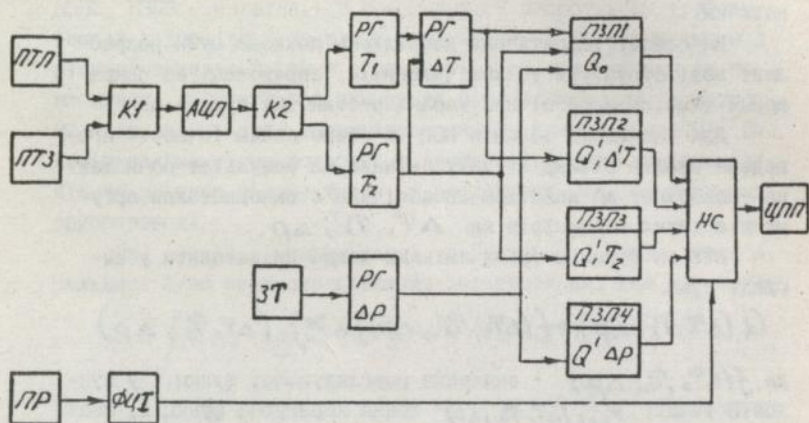


Рис. 3

РГ  $T_1$ , РГ  $T_2$ , РГ  $\Delta T$ , РГ  $\Delta \rho$  - регистри.

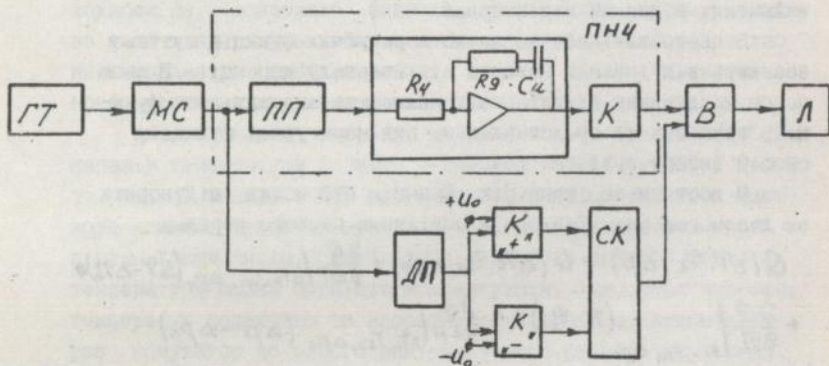


Рис. 4

ГТ - генератор току; МС - мостова схема; ПНЧ - перетворювач напруга-частота; ПП - перемикач полярності; ДП - диференціальний підсилювач; СК - схема корекції; В - вентильна схема; Л - лічильник.

Значення чотирьох додатків послідовно сумуються комбінаційним суматором НС.

При обчисленні КТЕ як апроксимуючу функцію можна використати не тільки ряд Тейлора, але і дрібно-раціональні функції. Ці функції зручні тим, що вони добре реалізуються на нерівноважених мостових схемах, що дозволяє створити недорогий теплотічильник для впровадження на індивідуальних теплових пунктах.

Рівняння перетворення приймає вигляд

$$W = \frac{R_1(\pi_1) - R_2(\pi_2)}{AR_1(\pi_1) + BR_2(\pi_2) + C}$$

де  $R_1, R_2$  - опір термоперетворювачів опору в подаючому та зворотньому трубопроводах;  $A, B, C$  - коефіцієнти.

Мінімізація похибки апроксимації досягається оптимальним вибором мостоутворюючих резисторів. Однак при підвищених вимогах до точності вимірювання в широкому діапазоні температур теплоносія підбір мостоутворюючих резисторів не забезпечує потрібної величини похибки апроксимації.

Автором запропонована структурна схема, яка дозволяє зменшити похибку апроксимації дрібно-раціональними функціями за рахунок використання властивостей елементів схеми перетворення (рис. 4). Генератор току ГТ живить мостову схему МС. Напряга з виходу МС, пропорційна тепловій потужності, поступає на перетворювач напруга-частота ПНЧ і далі на вентильну схему В, на другий вхід якої через схему корекції СК поступає стробуючий імпульс, і лічильник Л підраховує число імпульсів  $N_x$ , пропорційне КТЕ.

Завдяки введенню додаткового резистора  $R_g$  тривалість процесу інтегрування в одному напрямі зменшується. При цьому коефіцієнти з вищеприведеного рівняння приймають вигляд:

$$A = \frac{4U_k}{R_{ch}} - 2I \frac{R_g}{R_u}; \quad B = \frac{4U_k}{R_{ch}} + 2I \frac{R_g}{R_u}; \quad C = 8U_k$$

Таким чином, введення додаткового резистора  $R_g$  вводить в постійні коефіцієнти дрібно-раціональної функції

додаткові параметри  $U_k$ ,  $R_g$ ,  $I$ ,  $R_u$ , що дозволяє отримати похибку апроксимації потрібної величини.

Схема корекції СК служить для компенсації похибки апроксимації функції інтегрування ступінчастою функцією. Якщо перша похідна функції теплової потужності позитивна і перевищує величину, що визначається опорною напругою, на виході СК формується стробуючий імпульс, тривалість якого більше номінального значення, і на лічильник Л поступає кількість імпульсів, більша на величину компенсуючої поправки.

При від'ємній першій похідній тривалість стробуючого імпульсу зменшується і на лічильник Л поступає кількість імпульсів, менша на величину компенсуючої поправки.

Відомо, що домінуючою складовою інструментальної похибки теплотлічильників є похибка первинних перетворювачів, зокрема первинних перетворювачів температури. Систематичну складову цієї похибки можна зменшити, застосовуючи запропонований автором спосіб калібровки. Термоперетворювачі, підключені до блоку обробки, розміщують в термостаті, в якому установлена температура, відповідна до середини температурного діапазону, і регулюють вихідний сигнал мостової схеми таким чином, щоб він дорівнював нулю. При цьому повністю компенсуються адитивні і частково мультиплікативні похибки конкретних перетворювачів.

Основні результати дисертаційної роботи використані при розробці теплотлічильників, що серійно випускаються в Україні.

Для кожного конкретного типу теплотлічильників автором розроблені методичні вказівки по повірці, затверджені Держстандартом.

Для повірки теплотлічильників застосовується поелементний метод. Визначення метрологічних характеристик перетворювачів витрати проводять на витратомірних установках. Визначення метрологічних характеристик перетворювачів температури проводять за допомогою термостатів та зразкових термометрів. Для повірки блоку обробки замість термоперетворювачів опору підключають магазини опорів, а замість витратоміра - джерело струму при струмовому виході витратоміра або

генератор імпульсів при імпульсному виході витратоміра. Визначення метрологічних характеристик теплолічильників провадиться розрахунковим шляхом.

Результати дисертаційної роботи було використано при розробці Вимірювачів витрати тепла ІРТ-30 та Вимірювачів теплоти типу ІРТ, які працюють на базі електромагнітних витратомірів та витратомірів змінного перепаду тиску. Основна зведена похибка вимірювачів складає 4 % при похибці блоку обробки 1,5 %.

Теплолічильник СТЕ на базі турбінного водолічильника призначений для роботи на об'єктах з температурою теплоносія в подаючому трубопроводі від 35 до 150 °С, в авортньому - від 25 до 70 °С при різниці температур від 10 до 130 °С. Відносна похибка теплолічильника СТЕ дорівнює 4 % при похибці блоку обробки 1,5 %.

За участю автора були розроблені і впроваджені в серійне виробництво електромагнітні теплолічильники TOP. Параметричний ряд теплолічильників зумовлений наявністю в його комплекті витратоміра з діаметром умовного проходу 50, 65, 80, 100, 150 мм. Відносна похибка теплолічильника TOP дорівнює 2,5 % при похибці блоку обробки 1 %.

Відмітною рисою теплолічильника TOP є те, що для зручності споживача окрім вимірювання КТЕ він виконує додаткові сервісні функції: дозволяє вимірювати об'єм і температуру теплоносія, має вбудовану систему самоконтроля та індикації несправностей, що дає можливість оперативного контролю та регулювання параметрів теплоносія.

Для забезпечення обліку теплової енергії на об'єктах з великими витратами теплоносія розроблено теплолічильники ТУР з діаметром витратоміра від 200 до 600 мм. Теплолічильник ТУР розроблено з застосуванням мікропроцесорної техніки. Це дозволяє провадити вимірювання одним приладом не тільки кількості теплової енергії, але й параметрів теплоносія (температура, об'єм), діагностику ланцюгів термомоноіторинговачів опору, забезпечити зв'язок з вимірювальними системами більш високого рівня. Відносна похибка теплолічильника ТУР складає 2,5 % при похибці блока обробки 0,8 %.

Ультразвуковий теплотічильник СТ-1 призначений для об'єктів з діаметрами трубопроводу від 65 до 200 мм. Відносна похибка теплотічильника складає 2,5 % при похибці блока обробки 0,8 %.

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. В роботі виконан аналіз методів вимірювання кількості теплової енергії, який показав, що метод, заснований на першому законі термодинаміки, дозволяє провадити вимірювання на всіх об'єктах систем теплостачання і забезпечує більшу точність, ніж інші. Проведено класифікацію теплотічильників, заснованих на цьому методі вимірювання.

2. Розроблена методика та виконані розрахунки по оцінці похибки вимірювання кількості теплової енергії, які можуть бути використані для апріорного визначення граничної похибки при застосуванні вимірювальних приладів різних класів точності.

3. На основі узагальненої структурної схеми теплотічильника отримано рівняння перетворення та аналітичний вираз сумарної похибки теплотічильника. Виконан аналіз рівняння сумарної похибки, який показав, що основні джерела похибок - це похибки апроксимації функції кількості теплової енергії, трансформовані похибки вимірювальних каналів, зумовлені інструментальними похибками та квантуванням вихідних сигналів первинних перетворювачів, та похибки округлення результатів проміжних обчислень.

4. Розроблена інженерна методика, яка дозволяє розв'язати дві задачі:

по заданій точності прилада визначити граничні складові похибки та параметри функціональних вузлів теплотічильника;

по відомим складовим похибкам та параметрам визначити сумарну похибку.

Застосування цієї методики при розробці теплотічильників дозволяє скоротити строки та вартість робіт за рахунок скорочення обсягів експериментальних робіт при макетуванні.

5. Розроблена структура нового теплотічильника, яка ре-

аналізує обчислення підінтегральної функції по точній формулі з урахуванням тиску теплоносія і заснована на таблично-алгоритмічному методі обробки інформації. При цьому функції питомої ентальпії та густини зберігаються в постійному запам'ятовуючому пристрої, а функція кількості теплової енергії обчислюється по заданому алгоритму. Ця структура дозволяє зменшити методичну похибку теплотічильника до 0,15 %.

6. Розроблено структуру теплотічильника з табличною обробкою інформації, в якій функція кількості теплової енергії представлена у вигляді суми значення функції у вузлових точках та коригуючої функції, яка підбирається загальною для декількох вузлових точок, включених у визначений підінтервал. Це дозволяє скоротити об'єм постійного запам'ятовуючого пристрою на порядок, виключити такі додаткові пристрої як помножувач і скоротити час обчислення. Розроблена методика синтезування таблиць постійного запам'ятовуючого пристрою по заданій похибці апроксимації.

7. Для аналого-цифрових теплотічильників, дешевиана та простота обслуговування яких обумовлює їх широке застосування на індивідуальних теплових пунктах, розроблено структури, що дозволяють зменшити методичні та компенсувати інструментальні похибки:

- в теплотічильниках з апроксимацією функції кількості теплової енергії дрібно-раціональною функцією, яка реалізується нерівноваженою мостовою схемою, рівняння перетворення приймає вигляд, при якому в постійні коефіцієнти дрібно-раціональної функції крім величин мостоутворюючих резисторів вводяться параметри інших елементів схеми, що дозволяє більш точно реалізувати оптимальні значення коефіцієнтів апроксимуючої функції. Середнє квадратичне відхилення похибки апроксимації при цьому складає 0,2 %;

- розроблена структура теплотічильника, яка дозволяє компенсувати похибку апроксимації функції інтегрування з урахуванням величини та знаку першої похідної функції теплової потужності;

- запропоновано спосіб калібровки теплотічильника, який дозволяє компенсувати систематичну складову інструмен-

тальної похибки первинних перетворювачів температури. Трансформована похибка первинних перетворювачів знижується при цьому з 3 % до 0,6 %. Запропонований спосіб дозволяє знизити вимоги до точності первинних перетворювачів температури при зберіганні сумарної похибки, що дозволяє застосовувати більш дешеві комплектуючі.

8. Результати теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних автором, використані при розробці теплолічильників, що серійно випускаються в Україні.

Київський дослідний завод "Еталон" здійснив серійний випуск вимірювачів тепла IPT-30, вимірювачів теплоти типу IPT та теплолічильників СТЕ.

На Вінницькому дослідному заводі "Аналог" серійно випускаються Теплолічильники електромагнітні TOP та Теплолічильники ультразвукові TUR.

Готується серійний випуск Теплолічильників СТ-1.

Для всіх серійних теплолічильників розроблені методики повірки приладів при випуску та експлуатації.

Теплолічильники мають вихідні електричні сигнали, які дозволяють використовувати їх не тільки як локальні прилади обліку, але і включати їх у вимірювальні системи більш високого рівня: системи обліку енергоресурсів підприємства або житлового району.

Основні положення дисертаційної роботи викладені у наступних роботах:

1. А. с. 909593 СССР. Тепломер / Тарсис А. Д., Зайцева Е. А. - Оpubл. в Б. И., 1982, N 8.

2. А. с. 1247689 СССР. Устройство для измерения количества тепла / Дутчак В. В., Зайцева Е. А., Тарсис А. Д. - Оpubл. в Б. И., 1986, N 28.

3. А. с. 1303854 СССР. Теплосчетчик / Дутчак В. В., Шарадкин А. М., Зайцева Е. А. и др. - Оpubл. в Б. И., 1987, N 14

4. А. с. 1408253 СССР. Устройство для измерения количества тепла в системах теплоснабжения / Зайцева Е. А., Зверев С. П., Зелинская Т. И. - Оpubл. в Б. И., 1988, N 25.

5. А. с. 1458724 СССР. Теплосчетчик / Зайцева Е. А., Зелинская Т. И. - Оpubл. в Б. И., 1989, N 6.

6. А. с. 1465723 СССР. Устройство для измерения количества тепла / Дутчак В. В., Зайцева Е. А., Тарсис А. Д. - Опул. в Б. И., 1989, N 10.

7. А. с. 1525484 СССР. Устройство для измерения количества тепла / Зайцева Е. А., Шрадкин А. М., Шербань А. А. и др. - Опул. в Б. И., 1989, N 44.

8. А. с. 1571435 СССР. Устройство для измерения количества теплоты / Зайцева Е. А., Шрадкин А. М., Тарсис А. Д. и др. - Опул. в Б. И., 1990, N 22.

9. А. с. 1606878 СССР. Теплосчетчик / Дутчак В. В., Тарсис А. Д., Зайцева Е. А. - Опул. в Б. И., 1990, N 42.

10. А. с. 1727002 СССР. Теплосчетчик / Зайцева Е. А., Тарсис А. Д., Зелинская Т. И., Дутчак В. В. - Опул. в Б. И., 1992, N 14.

11. Выбор и оценка возможности применения теплосчетчиков / Л. И. Галлевская, Е. А. Зайцева, Т. И. Зелинская, Д. С. Усатенко // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев, Будивельник, 1986, вып. 61. Комплексное благоустройство городов. - с. 57-59.

12. Дутчак В. В., Зайцева Е. А., Тарсис А. Д. Автоматизация учета тепловой энергии в системах жилищно-коммунального теплоснабжения / Проблемы больших городов. Обзорная информация, МПЦНТИ, 1987, вып. 251. - 18 с.

13. Зайцева Е. А. Анализ методических погрешностей теплосчетчиков // Пробл. энергосбережения. - Киев: Наукова думка, 1990. - Вып. 5. - с. 61-63.

14. Зайцева Е. А. Оценка погрешности измерения количества тепловой энергии // Пробл. энергосбережения. - Киев: Наукова думка, 1991, вып. 7. - с. 76-82.

15. Зайцева Е. А., Дутчак В. В., Тарсис А. Д. Повышение точности измерения электронных теплосчетчиков // Изм. техн., 1991. - N 1. - с. 31-32.

16. Зайцева Е. А., Зверев С. П., Шербань А. А. Анализ влияния теплофизических параметров теплоносителя на точность измерения количества теплоты // Методы и средства теплофизических измерений. Всесоюз. н.-т. конфер. 17-19 сент. 1987. Тез. докл. - М., 1987, ч. II. - с. 171-172.

17. Зайцева Е. А., Зелинская Т. И. Дискретизация сигналов в электронных теплосчетчиках // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев, Будивельник, 1989, вып. 70. Комплексное благоустройство городов. - с. 82-86.

18. Зайцева Е. А., Зелинская Т. И., Рудько Т. В., Тарсис А. Д. Учет тепловой энергии в системах жилищно-коммунального теплоснабжения. Обзорная информация. - М.: Институт экономики жилищно-коммунального хозяйства АКХ им. К. Д. Памфилова, 1991. - 0135-6453, вып. 1 /56/.

19. Зайцева Е. А., Кобрина Г. С., Тарсис А. Д. Метод проверки измерителей тепла. // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев, Будивельник, 1981, вып. 46. Комплексное благоустройство городов. - с. 80-82.

20. Зайцева Е. А., Тарсис А. Д. Анализ погрешности при измерении разности температур // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев, Будивельник, 1981, вып. 46. Комплексное благоустройство городов. - с. 83-84.

21. Зайцева Е. А., Тарсис А. Д., Дутчак В. В. Повышение точности учета тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев: Будивельник, 1980, вып. 73. Комплексное благоустройство городов. - с. 94-97.

22. Новый теплосчетчик для систем теплоснабжения / Е. А. Зайцева, Т. И. Зелинская, В. А. Киреев, С. П. Зверев // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев: Будивельник, 1988, вып. 67. Комплексное благоустройство городов. - с. 94-96.

23. Под контроль автоматики / С. П. Зверев, Е. А. Зайцева, Т. И. Зелинская, А. Д. Тарсис // Городское хозяйство Украины. - 1982. - № 4. - с. 12.

24. Серия новых теплосчетчиков для систем теплоснабжения / Е. А. Зайцева, Т. И. Зелинская, А. Д. Тарсис и др. // Приб. и сист. управления. - 1992. - № 8. - с. 20-21.

25. Тарсис А. Д., Зайцева Е. А. Источник стабильного тока для измерительных схем // Наука и техника в гор. хоз-ве. - Киев: Будивельник, 1980, вып. 43. Комплексное благоустройство городов. - с. 110-112.

*Зайцева*

Підля до друку 11.07.94 Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Папір друк. №3 . Спосіб друку офсетний. Умови. друк. арк. 0,93 .  
Умови. фарбо-відб. 1,16 . Обл.-внд. арк. 1,0 .  
Тираж 100 . Зам. № 4-3444 .

---

Фірма «ВІПОЛ»  
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

---

4450011

AB 30.751

**AB 30.751**