



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55947

(13) A

(51) 7 G01J5/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ОПТИЧНИЙ ПІРОМЕТР

1

2

(21) 2002076365

(22) 30 07 2002

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Кондратов Владислав Тимофійович,
Зарніцина Ганна Олександрівна(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(57) Оптичний пірометр, що містить з'єднані між собою оптико-електронну систему, яка складається з каналу візуалізації зображення досліджуваного об'єкта, що включає в себе оптично з'єднані перший скляний об'єктив, відбивне дзеркало і дзеркальну польову діафрагму, основний оптичний канал, який зв'язаний з каналом візуалізації за допомогою відбивного дзеркала і включає в себе другий скляний об'єктив, перший сірий клин, механічно з'єднаний з першим перетворювачем «код-переміщення», оптично зв'язані дзеркальну польову діафрагму, обтюраторний диск із синхронним двигуном, апертурну діафрагму, третій скляний об'єктив і перший світлофільтр, електронний канал, який зв'язаний з основним оптичним каналом через фотоприймач і складається з послідовно з'єднаних з фотоприймачем вхідного підсилювача і МДМ-підсилювача, до входу керування якого підключені послідовно з'єднані підсилювач-формував синхроімпульсів, фотодіод і перший світловипромінюючий діод, розташовані по обидві сторони від обтюраторного диска, електронний стабілізатор температури, що включає послідовно з'єднані датчик температури, підсилювач потужності і нагрівальний елемент, який відрізняється

тим, що у нього введені мікропроцесор, додатковий оптико-електронний канал, що складається з послідовно розташованих по оптичній осі другого світловипромінюючого діода, фокусуючої лінзи, другого світлофільтра і параболічного дзеркала, другий перетворювач «код-переміщення», другий сірий клин, третій перетворювач «код-переміщення», аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, дешифратор з наперед підключеним репстром, заслінка, що екранує світловий потік, яка з'єднана з другим перетворювачем «код-переміщення», інформативні входи якого об'єднані з інформативними входами першого та третього перетворювача «код-переміщення», зв'язаним з другим сірим клином, входи керування першого, другого і третього перетворювачів «код-переміщення» підключені відповідно до другого, третього і четвертого виходів дешифратора з наперед підключеним репстром числа, п'ятий та шостий входи дешифратора підключені, відповідно, до входів установки нуля та запуску цифрового відлікового пристрою, інформативні входи реєстра дешифратора об'єднані з інформативними входами мікропроцесора, цифро-аналогового перетворювача, цифрового відлікового пристрою і підключені до виходів аналого-цифрового перетворювача, входи керування якого приєднані до першого виходу дешифратора, сигнальний вхід підключений до виходу МДМ-підсилювача електронного каналу, а вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом другого світловипромінюючого діода

Винахід відноситься до області вимірювальної техніки і може бути застосований для виміру температур важкодоступних тіл чи середовищ

Відомий оптичний пристрій виміру температури важкодоступних чи тіл середовищ (див. Назаренко Л. А., Слипущенко В. П., Ромоданов І. С. і ін. // Український метрологічний журнал — 1995 — вип. 1 — с. 26 - 31), який містить оптичну систему, послідовно з'єднані фотоприймач, підсилювач та вольтметр

Даному пристрою властива недостатня точність виміру температури, обумовлена нелинійністю, довгостроковою і температурною нестабільністю функції перетворення фотоприймача. Останнє обумовлює появу похибки від нелинійності, адитивної і мультиплікативної складових систематичної похибки. Відомому пристрою також властива похибка, обумовлена впливом середовища на інтенсивність потоку випромінювання від досліджуваного об'єкта. Це обумовлено тим, що відомий

(13) A

(11) 55947

(19) UA

пристрій не забезпечує визначення коефіцієнта пропускання середовища і його урахування при визначенні дійсного значення температури. Крім того всі фотоприймачі чутливі до впливу температури оточуючого середовища. Це призводить до появи додаткових адитивної, мультиплікативної і нелінійної складових похибки результату вимірювань. Часто застосоване на практиці термостатування фотоприймача і МДМ-підсилювача тільки частково забезпечує зменшення згаданих похибок. Так як створення термостатів з похибкою термостатування $\pm 0,1^\circ\text{K}$ ускладнено.

Відомий також оптичний пірометр (Назаренко Л.А., Ромоданов І.С., Кисіль О.М., Серпенко П.П. Еталонний оптичний пірометр ЕОП-93 // Харків ДНВО "Метрологія" Український метрологічний журнал — 1996 — Вип. 23 — с.46 - 48), який містить з'єднані між собою оптико-електронну систему, що складається з каналу візуалізації зображення досліджуваного об'єкта, що включає в себе оптично з'єднані перший скляний об'єктив, дзеркало, що відбиває, і дзеркальну польову діафрагму, основний оптичний канал, зв'язаний з каналом візуалізації за допомогою дзеркала, що відбиває і включає в себе другий скляний об'єктив, перший сірий клин, механічно з'єднаний з першим перетворювачем «код-переміщення», оптично зв'язані дзеркальну польову діафрагму, об'єкторний диск із синхронним двигуном, апертурну діафрагму, третій скляний об'єктив і перший світлофільтр, електронний канал, зв'язаний з основним оптичним каналом через фотоприймач і складається з послідовно з'єднаними з фотоприймачем, вхідного підсилювача і МДМ-підсилювача, до входу керування якого підключені послідовно з'єднані підсилювач-формуваць синхроімпульсів, фотодіод і перший світловипромінюючий діод, розташовані по обидві сторони від об'єкторного диска, електронний стабілізатор температури, що включає в себе послідовно з'єднані датчик температури, підсилювач потужності і нагрівальний елемент.

Відомому пристрою властиві нелінійність, довгострокова і температурна нестабільність функції перетворення (ФП) фотоприймача. Нелінійність характеристик призводить до появи нелінійної складової похибки результату вимірювання температури. Поряд з цим, вплив зовнішніх дестабілізуючих факторів призводить до зміни його спектральних характеристик, що також обумовлює додаткові частотні похибки вимірювання. Зазначені недоліки обмежують діапазон вимірюваних значень температур і точність вимірювання. Відомий оптичний пірометр не враховує значення коефіцієнта пропускання середовища. При відхиленні умов експлуатації від номінальних змінюється значення коефіцієнта пропускання середовища, в наслідок чого виникає похибка, обумовлена послабленням інтенсивності випромінювання досліджуваного об'єкта середовищем.

В основу винаходу покладена задача створення такого оптичного пірометра, у якому введення нових блоків і зв'язків, забезпечило б підвищення точності вимірювання температури важкодоступних тіл та середовищ при розширенні діапазону її вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що опти-

чний пірометр, який містить з'єднані між собою оптико-електронну систему, що складається з каналу візуалізації зображення досліджуваного об'єкта, що включає в себе оптично з'єднані перший скляний об'єктив, відбивне дзеркало, і дзеркальну польову діафрагму, основний оптичний канал, зв'язаний з каналом візуалізації за допомогою відбивного дзеркала, і включає в себе другий скляний об'єктив, перший сірий клин, механічно з'єднаний з першим перетворювачем «код-переміщення», оптично зв'язані дзеркальну польову діафрагму, об'єкторний диск із синхронним двигуном, апертурну діафрагму, третій скляний об'єктив і перший світлофільтр, електронний канал, який зв'язаний з основним оптичним каналом через фотоприймач і складається з послідовно з'єднаними з фотоприймачем вхідного підсилювача і МДМ-підсилювача, до входу керування якого підключені послідовно з'єднані підсилювач-формуваць синхроімпульсів, фотодіод і перший світловипромінюючий діод, розташовані по обидві сторони від об'єкторного диска, електронний стабілізатор температури, що включає в себе послідовно з'єднані датчик температури, підсилювач потужності і нагрівальний елемент, згідно винаходу, у нього введені мікропроцесор, додатковий оптико-електронний канал, що складається з послідовно розташованих по оптичній осі другого світловипромінюючого діода, фокусуєчої лінзи, другого світлофільтра і параболічного дзеркала, другий перетворювач «код-переміщення», другий сірий клин, третій перетворювач «код-переміщення», аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, дешифратор з напередпідключеним репстром, зашліпка, що екранує світловий потік, яка з'єднана з другим перетворювачем «код-переміщення», інформативні входи якого об'єднані з інформативними входами першого та третього перетворювача «код-переміщення», зв'язаним з другим сірим клином, входи керування першого, другого і третього перетворювачів «код-переміщення» підключені відповідно до другого, третього і четвертого виходів дешифратора з напередпідключеним репстром числа, п'ятий та шостий входи дешифратора підключені, відповідно, до виходів установки нуля та запуску цифрового відлікового пристрою, інформативні входи реєстра дешифратора об'єднані з інформативними входами мікропроцесора, цифро-аналогового перетворювача, цифрового відлікового пристрою і підключені до виходів аналого-цифрового перетворювача, входи керування якого приєднані до першого виходу дешифратора, сигнальний вхід підключений до виходу МДМ-підсилювача електронного каналу, а вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом другого світловипромінюючого діода.

Запропоноване технічне рішення оптичного пірометра з автоматичною корекцією систематичних похибок забезпечує виключення нелінійної, мультиплікативної і адитивної складових систематичної похибки вимірювання за рахунок введення нової сукупності функціональних блоків, які разом з іншими функціональними блоками забезпечують досягнення технічного результату. Завдяки запровадженню сірого клина з третім перетворювачем «код-переміщення» забезпечується визначення

коефіцієнта перепускання середовища, що додатково підвищує точність вимірювання. Завдяки впровадженню в оптичний пірометр заслінки, що екранує світловий потік, яка керується за допомогою другого перетворювача «код-переміщення» додаткового оптико-електронного каналу забезпечується формування корегуючих світлових потоків Φ_2 , Φ_5 для реалізації метода надлишкових вимірювань температури з автоматичною корекцією систематичних похибок. При цьому, одержані результати проміжних випромінювань інтенсивності корегуючих світлових потоків разом з результатом вимірювання інформативного світлового потоку дають можливість обчислити дійсне значення напруги згідно з запропонованим рівнянням числових значень та одержати результат, в якому відсутні адитивна, мультиплікативна і нелінійна складові систематичної похибки. Введення мікропроцесора, цифроаналогового перетворювача та дешифратора з напередпідключеним регістром забезпечує можливість автоматичного керування процесом вимірювання та керування виконавчими пристроями оптичного пірометра. Завдяки підключенню цифроаналогового перетворювача стало можливим автоматичне завдання значень інтенсивностей світлових потоків Φ_2 , Φ_3 з високою точністю.

На кресленні показана структурна комбінована схема оптичного пірометра.

Оптичний пірометр містить з'єднані між собою оптико-електронну систему 1, що складається з каналу візуалізації зображення досліджуваного об'єкта 2, що включає в себе оптично з'єднані перший скляний об'єктив 7 (СО1), дзеркало 8, що відбиває, і дзеркальну польову діафрагму 9 (ДНД), основний оптичний канал 3, зв'язаний з каналом візуалізації 2 за допомогою дзеркала 8, що відбиває, і включає в себе оптично зв'язані другий скляний об'єктив 10 (СО2) та перший сірий клин 11 (СК1), механічно з'єднаний з першим перетворювачем «код-переміщення» 12 (ПКП1), оптично зв'язані дзеркальну польову діафрагму 9, об'єктивний диск 13 (ОД) із синхронним двигуном 14 (ДВ), апертурну діафрагму 15 (АД), третій скляний об'єктив 16 (СО3) і перший світлофільтр 17 (СФ1), електронний канал 4, зв'язаний з основним оптичним каналом 3 через фотоприймач 18 (ФП) і складається з послідовно з'єднаними з фотоприймачем 18, вхідного підсилювача 19 (УС1) і МДМ-підсилювача 20 (УС2), до входу керування якого підключені послідовно з'єднані підсилювач-формував синхроімпульсів 21 (ФІ), фотодіод 22 (ФД) і перший світловипромінюючий діод 23 (СД1), розташовані по обидві сторони від об'єктивної диска 13, електронний стабілізатор температури 5, що включає в собі послідовно з'єднані датчик температури 24 (ДТ), підсилювач потужності 25 (УС3) і нагрівальний елемент 26, мікропроцесор 27 (МП), додатковий оптико-електронний канал 6, що складається з послідовно розташованих по оптичній осі другого світловипромінюючого діода 28 (СД2), фокусуючої лінзи 29 (Л), другого світлофільтра 30 (СФ2) і параболічного дзеркала 31, крім того оптичний пірометр містить другий перетворювач «код-переміщення» 32 (ПКП2), другий сірий клин 33 (СК2), третій перетворювач «код-переміщення» 34 (ПКП3), аналого-цифровий перетворювач 35

(АЦП), цифро-аналоговий перетворювач 36 (ЦАП), дешифратор 37 з напередпідключеним регістром (ДШ), заслінка 38, що екранує світловий потік, (ЕЗ), яка з'єднана з другим перетворювачем «код-переміщення» 32, інформативні входи а, b, c якого об'єднані з інформативними входами а, b, c першого 12 та третього 34 перетворювача «код-переміщення», зв'язаним з другим сірим клином 33 (СК2), входи керування першого 6, другого 32 і третього 34 перетворювачів «код-переміщення» (ПКП1, ПКП2 і ПКП3) підключені відповідно до виходів e, f і g дешифратора 37 з напередпідключеним регістром числа (ДШ), виходи k та l дешифратора 37 підключені, відповідно, до входів установки нуля та запуску цифрового відлікового пристрою 39 (ЦВП), інформативні входи регістра дешифратора 37 об'єднані з інформативними входами мікропроцесора МП 27, цифро-аналогового перетворювача ЦАП 36, цифрового відлікового пристрою ЦВП 39 і підключені до виходів аналого-цифрового перетворювача АЦП 35, входи керування якого приєднані до виходу m дешифратора 37, сигнальний вхід підключений до виходу МДМ-підсилювача 20 електронного каналу 4, а вихід d цифроаналогового перетворювача ЦАП 36 з'єднаний зі входом другого світловипромінюючого діода (СД2) 28.

Дзеркальна польова діафрагма 9 має діаметр отвору 2мм. Для виділення світлового потоку в заданій спектральній області використовуються світлофільтри 17, 30 з довжиною хвилі 656нм і шириною смуги перепускання 10нм. Їх пікові пропускання дорівнює 60%. У якості фотоприймача 18 застосований кремнієвий фотодіод ФД-288.

Пристрій працює наступним чином.

Весь процес виміру дійсного значення температури містить у собі п'ять тактів виміру і два такти обробки отриманих результатів.

Після включення живлення і прогріву оптичного пірометра усі функціональні блоки ЦВП 39 встановлюються у вихідний стан. За допомогою імпульсу установки нуля, формованого МП 27, АЦП 35 також встановлюється у вихідний стан. Після натискання кнопки «Пуск», на МП 27 надходить сигнал початку вимірів. По команді з мікропроцесора МП 27, заслінка ЕЗ, що екранує світловий потік, 38 закривається, а сірі клини СК1 11 і СК2 33 встановлюються в крайнє нижнє положення.

У пам'яті мікропроцесора МП 27 зберігаються коди чисел N_0 і N_1 , що відповідають каліброваним за значеннями інтенсивностей збільшенню світловому потоку $\Delta\Phi_0$ і світловому потоку Φ_1 . Коди чисел N_0 і N_1 одержують у результаті калібрування фотоприймача ФП 18 за допомогою стандартних джерел білого світла з нормованими характеристиками. Крім того, у пам'яті МП 27 занесена програма виконання заданої послідовностей операцій. Вона забезпечує функціонування оптичного пірометра як єдиного програмно-технічного засобу виміру, а також обробку результатів проміжних вимірів по заданому рівнянню числових значень. У вихідному стані ЦВП 39 показує нульовий результат вимірів.

У першому такті вимірів заслінка ЕЗ, що екранує світловий потік, 38 знаходиться в закритому

стані. Світловий потік на вхід фотоприймача ФП 18 не надходить. У результаті за допомогою фотодіода ФД 22 в електричний сигнал $u'_{n1}(t)$ перетворюється нульове значення інтенсивності світлового

$$U_1 = \frac{1}{T} \int_0^T u'_{n1}(t) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1) \sin \Omega}{2n-1} \right] dt = 0,5k_{yc}(S_H \Phi_{00}^3 + S_L \Phi_{00} + \Delta U_{cm}) = k \Delta U_{cm}, \quad (1)$$

де Φ_{00} - світловий потік з нульовим значенням інтенсивності J_{00} , тобто $\{J_{00}\} = 0$,
 $u'_{n1}(t)$ - посилений у k_{yc} раз сигнал $u'_{n1}(t)$,
 k - коефіцієнт пропорційності
перетвориться в код числа N_4 за допомогою АЦП 35 і надходить до пам'яті мікропроцесора МП 27

В другому такті виміру МП 27 формує сигнал керування на вхід ЦАП 36. Це приводить до появи струму першого заданого значення, що протікає через другий світловипромінюючий діод СД2 28. Останній генерує калібрований за значенням інтенсивності світловий потік Φ_2 , дорівнює різниці двох каліброваних за значенням інтенсивності світлових потоків Φ_1 і $\Delta \Phi_0$. Після проходження через додатковий оптико-електронний канал 8, другий скляний об'єктив СО2 10, дзеркальну польову діафрагму ДПД 9, цей потік модулюється об'єктивним диском ОД 13. Обертання об'єктивного диска ОД 13 з частотою 12,5 Гц забезпечується синхронним двигуном ДВ 14 типу ДСМ, що підклю-

$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^T u'_{n2}(t) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1) \sin \Omega}{2n-1} \right] dt = 0,5k_{yc}(S_H \Phi_2^3 + S_L \Phi_2 + \Delta U_{cm}), \quad (2)$$

за допомогою АЦП 35 перетвориться в код числа N_5 , що надходить у МП 27, де запам'ятовується.

В третьому такті виміру МП 27 формує другий сигнали керування ЦАП 36. Це приводить до появи другого заданого значення струму через другий світловипромінюючий діод СД2 28. В результаті чого він стане випромінювати світловий потік Φ_3 . Калібрований по інтенсивності світловий потік

$$U_3 = \frac{1}{T} \int_0^T u'_{n3}(t) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1) \sin \Omega}{2n-1} \right] dt = 0,5k_{yc}(S_H \Phi_3^3 + S_L \Phi_3 + \Delta U_{cm}), \quad (3)$$

де $u'_{n3}(t)$ - посилений у k_{yc} раз сигнал $u'_{n3}(t)$,
за допомогою АЦП 35 перетвориться в код числа N_6 і запам'ятовується відповідне значення напруги U_3 в пам'яті мікропроцесора МП 27.

У четвертому такті виміру відновлюється для інформативного світлового потоку $\Phi_x(\lambda)$, що відповідає температурі T_x на поверхню чутливого елемента фотоприймача ФП 18. Це здійснюється шляхом відкриття заслінки ЕЗ, що екранує світловий потік, 38 по команді з мікропроцесора МП 27 при незмінному струмі через другий світловипро-

$$U_4 = \frac{1}{T} \int_0^T u'_{n4}(t) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1) \sin \Omega}{2n-1} \right] dt = 0,5k_{yc}(S_H \Phi_4^3 + S_L \Phi_4 + \Delta U_{cm}), \quad (4)$$

де $u'_{n4}(t)$ посилений у k_{yc} раз сигнал $u'_{n4}(t)$,
за допомогою АЦП 35 перетвориться в код числа N_7 і запам'ятовується в пам'яті МП 27.

У п'ятому такті виміру по команді з МП 27 через ЦАП 36 на світловипромінюючий діод СД2 28 встановлюють струм другого заданого значення. На фотоприймач ФП 18 надходить промодульований з частотою 12,5 Гц світловий потік від нагрітого

потіку. Після посилення його по амплітуді, демодуляції й інтегрування постійне напруги $U_1 = \Delta U_{cm}$.

чений до стабілізованого джерела живлення. Світловий потік Φ_2 , промодульований з частотою 12,5 Гц, через апертурну діафрагму АД 15, третій скляний об'єктив СО3 16, перший світлофільтр СФ1 17 надходить на фотоприймач ФП 18, підключений до вхідного (узгоджуючого) підсилювачу УС1 19 з іншого боку, за допомогою оптопар, що складається з першого світловипромінюючого діода СД1 23 і фотодіода ФД 22, які розташовані по різні сторони об'єктивного диска ОД 13, світловий потік перетвориться в перемінну електричну напругу. На виході ФІ 21 формуються синхромпульси, що керують роботою підсилювача УС2 20 типу «модулятор-демодулятор» (МДМ-підсилювач). Останній забезпечує посилення вихідного сигналу напруги $u'_{n2}(t)$ фотоприймача ФП 18 у задане число k_{yc} раз при високій стабільності нуля (малого дрейфу нуля) підсилювача УС2 20.

Постійна часу інтегрування підсилювача УС2 встановлена рівної $T \approx 15$ сек. Вихідна напруга УС2 20

Φ_3 , дорівнює сумі двох каліброваних за значеннями інтенсивності світлових потоків Φ_1 і $\Delta \Phi_0$, аналогічним образом, як і в другому такті, проходить через оптичну систему і надходить на фотоприймач ФП 18. Після перетворення світлового потоку Φ_3 в електричний сигнал $u'_{n3}(t)$ модуляції, посилення його по амплітуді в k_{yc} раз, демодуляції й інтегрування, вихідна напруга підсилювача УС2 20

мінюючий діод СД2 28. При цьому на фотоприймач ФП 18 надходить світловий потік як від нагрітого тіла, так і від світловипромінюючого діода СД2 28. Причому значення інтенсивності світлового потоку Φ_3 дорівнює сумі значень інтенсивності світлового потоку Φ_x і світлового потоку Φ_3 . Отриманий перший сумарний світловий потік Φ_4 , модулюється, перетвориться в електричний сигнал $u'_{n4}(t)$, підсилюється по амплітуді в k_{yc} раз, демодулюється й інтегрується. Отримане вихідне напруги підсилювача УС2 20

тіла і від світловипромінюючого діода СД2 28. Інтенсивність світлового потоку Φ_5 , що надходить на фотоприймач ФП 18, дорівнює різниці значень інтенсивності світлових потоків Φ_x і Φ_2 . Після перетворення промодульованого світлового потоку Φ_5 в електричний сигнал $u'_{n5}(t)$, посилення його по амплітуді в k_{yc} раз, демодуляції й інтегруванні, на виході підсилювача УС2 20 одержують напруга

$$U_5 = \frac{1}{T} \int_0^T u''_{n5}(t) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1) \sin \Omega}{2n-1} \right] dt = 0,5k_{yc}(S_n \Phi_5^3 + S_n \Phi_5 + \Delta U_{cm}), \quad (5)$$

де $u''_{n5}(t)$ - посилений у k_{yc} раз сигнал $u'_{n5}(t)$, яке за допомогою АЦП 35 перетворюється в код числа N_4 і запам'ятовується в пам'яті МП 27

У шостому такті, за допомогою мікропроцесо-

$$N_9 = 3N_0N_1 \frac{N_7 + N_8 - 2N_4}{N_1((N_7 - N_8) - (N_6 - N_5)) + 3N_0(N_5 + N_6 - 2N_4)} - N_1 \quad (6)$$

Потім по електронних таблицях відповідності по коду числа N визначається дійсне значення температури T_x об'єкта, що виводиться на табло ЦВП 39

Особливістю схемотехнічного рішення оптичного пірометра є те, що для температурної стабілізації характеристики фотоприймача ФП 18 і досягнення заданої точності, додатково використовується термостатування. Для цього використовується електронний стабілізатор температури 5, що складає з датчика температури ДТ 24, підсилювача УСЗ 25 і нагрівача 26. У якості останнього використовується потужний транзистор.

У оптичний пірометр, структурна схема якого приведена на кресленні, передбачене також внесення виправлення в результат вимірів дійсного значення світлового потоку від нагрітого тіла в залежності від значення коефіцієнт пропускання середовища.

У визначені цикли вимірів температури процес вимірів після шостого такту не завершується. Це зв'язано з необхідністю визначення значення коефіцієнта пропускання середовища. Процес визначення k_{np} полягає в наступному. Результат виміру світлового потоку Φ_x у виді коду числа N порівнюється в МП 27 із раніше занесеним в пам'ять результатом виміру світлового потоку Φ_2 у виді коду числа N_2 . Сигнал неузгодженості у виді коду числа ΔN_1 , пропорційний значенню світлового потоку $\{\Delta \Phi_1\} = \{\Phi_x\} - \{\Phi_2\}$, подається на входи третього перетворювача "код-переміщення" ПКПЗ 34. За допомогою третього перетворювача "код - переміщення" ПКПЗ 34 здійснюється переміщення сірого клина СК2 33 до моменту рівності значень інтенсивності світлового потоку Φ_{x1} від досліджуваного об'єкта (ДО) і значенню інтенсивності світлового потоку (від СД2) Φ_2 (тобто до моменту часу, коли $N = N_2$ чи $\Delta N_1 \approx 0$). Отримане положення сірого клина СК2 33 фіксується й у виді коду числа N_1 запам'ятовується МП 27.

У наступному такті визначається коефіцієнт пропускання середовища. Ослаблений за допомогою другого сірого клина СК2 33 світловий потік Φ_{x2} від ДО й у виді коду числа N_{x1} порівнюється з

$$N'_2 = \{U'_2\} = \{\Phi_1\}\{S_{np}\}, \quad (4.9)$$

$$N'_3 = \{U'_3\} = (\{\Phi_1\} - \{\Phi_0\})\{S_{np}\}, \quad (4.10)$$

$$N'_4 = \{U'_4\} = (\{\Phi_1\} + \{\Phi_0\})\{S_{np}\}, \quad (4.11)$$

де $\{S_{np}\}$ - значення крутості перетворення світлового потоку в напругу. Потім здійснюється вимір інтенсивності світлових потоків Φ_1 , Φ_2 і Φ_3 за допомогою каліброваного цифрового оптичного пірометра. Результати вимірів запам'ятовуються у виді кодів чисел N'_2 , N'_3 і N'_4 . Потім на другий світловипромінюючий діод СД2 28 по черзі подають

ра МП 27 проводиться обробка отриманих результатів отриманих вимірів відповідно до рівняння числових значень

занесеним у пам'ять значенням N_3 світлові потоки Φ_3 . Сигнал неузгодженості у виді коду числа ΔN_2 , пропорційний значенню $\{\Delta \Phi_2\} = \{\Phi_3\} - \{\Phi_2\}$ світлові потоки $\Delta \Phi_2$, подається на входи третього перетворювача "код - переміщення" ПКПЗ 34. За допомогою третього перетворювача "код - переміщення" ПКПЗ 34 здійснюється подальше переміщення другого сірого клина СК2 33 й ослаблення інтенсивності світлового потоку Φ_{x1} до інтенсивності світлового потоку Φ_{x2} , при якому забезпечується рівність значень інтенсивностей світлових потоків Φ_{x2} і Φ_2 (тобто до моменту часу, коли $N_{x2} = N_2$ чи $\Delta N_1 = 0$). Отримане положення сірого клина СК2 33 фіксується у виді коду числа N_2 і запам'ятовується МП 27.

Після виконання зазначених операцій вимірів і порівнянь, за допомогою МП 27 визначається різниця заданих і отриманих кодів чисел N'_3 і N'_2 , N_1 і N_2 . По відношенню отриманих значень різниць ΔN_2 і ΔN_1 визначається коефіцієнт перепускання випромінювання середовищем, тобто

$$k_{np} = (N_1 - N_2) / (N'_3 - N'_2) = \Delta N_1 / \Delta N_2$$

Отримане значення N_9 світлового потоку Φ_x зменшують у k_{np} раз ($k_{np} \leq 1$), а по отриманому результату $N'_9 = N_9/k_{np}$ і по електронних таблицях відповідності судять про дійсне значення температури T_x .

Калібрування оптичного пірометра здійснюється, відповідно до записаного в пам'ять МП програмі, у такий спосіб.

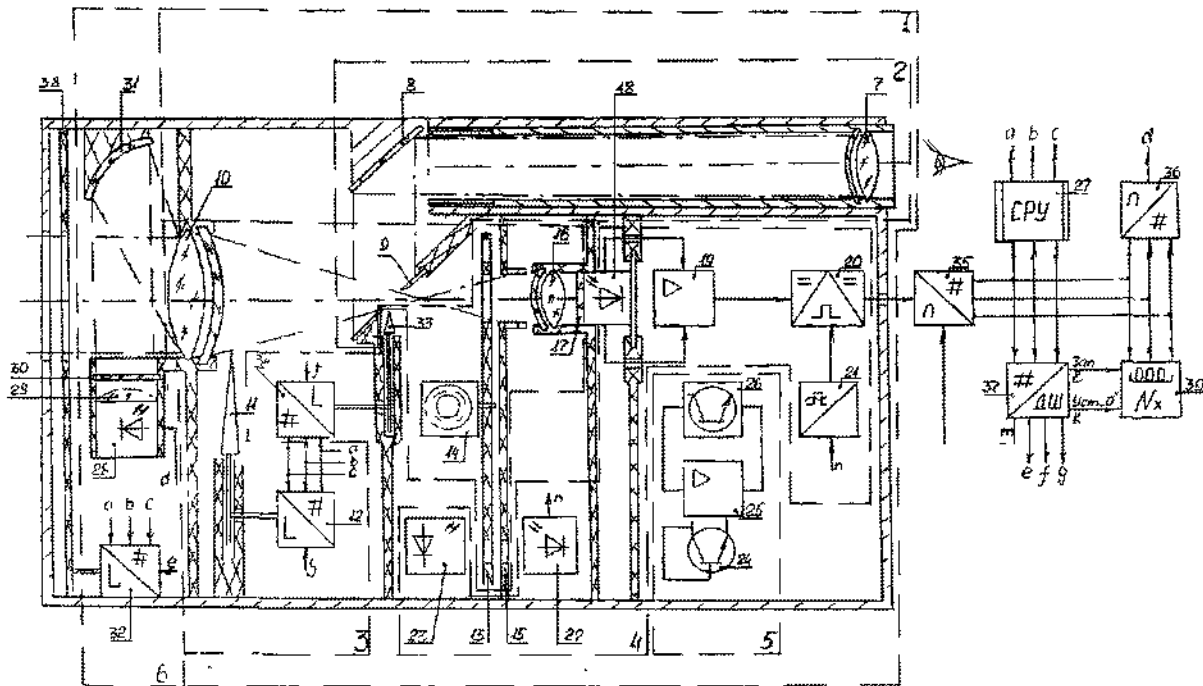
Для цього за допомогою фізичної моделі абсолютного чорного тіла АЧТ, нагрітої до температури T'_2 , потім T'_3 і T'_4 , формуються (калібровані і стабільні по інтенсивності в заданому інтервалі довжин хвиль) світлові потоки Φ_1 , Φ_2 і Φ_3 . Інтенсивності цих потоків вимірюють за допомогою зразкового чи еталонного пірометра. Отримані в межах динамічного діапазону напруги U'_2 , U'_3 і U'_4 , що у виді кодів чисел N'_2 , N'_3 і N'_4 запам'ятовуються в пам'яті МП 27. У цьому випадку мають місце наступні співвідношення

напруги U'_2 , U'_3 і U'_4 , вимірюють інтенсивності світлових потоків Φ'_1 , Φ'_2 і Φ'_3 . Отримані результати вимірів (N'_2 , N'_3 і N'_4) порівнюють з результатами вимірів N'_2 , N'_3 і N'_4 світлових потоків Φ_1 , Φ_2 і Φ_3 від моделі АЧТ. У випадку відхилення отриманих результатів вимірів, змінюють значення обраних напруг U'_2 , U'_3 і U'_4 до значень напруг U''_2 , U''_3 і U''_4 ,

при яких забезпечується рівність кодів результатів вимірів світлових потоків від АЧТ і СД2 28, тобто до забезпечення рівностей $N_2'' = N_2'''$, $N_3'' = N_3'''$ і $N_4'' = N_4'''$. Процес калібрування здійснюють періодично, наприклад, один раз у годину.

Необхідно відзначити, що такти визначення значення коефіцієнта пропускання середовища виконуються одночасно з калібруванням оптичного пірометра чи незалежно, по заданій програмі, наприклад, один раз за 3 - 5 годин безупинної роботи оптичного пірометра.

Таким чином, запропоноване технічне рішення оптичного пірометра забезпечує не тільки автоматичне виключення систематичної погрешності результату визначення дійсного значення температури нагрітого об'єкта, у тому числі і погрешності від нелінійності, але і визначенні й облік значення коефіцієнта пропускання середовища, завдяки чому підвищується точність вимірювання температури важкодоступних тіл чи середовищ при розширенні діапазону її вимірювання.



Фіг.