

Винахід відноситься до області вимірювальної техніки, зокрема до оптико-електронних способів і пристроїв надлишкових вимірювань температури при нелінійній функції перетворення фотоприймача і може бути використаний при вимірюванні температури оптичними пірометрами.

Відомий оптико-електронний спосіб вимірювання температури (див. Поскачей А.А., Чубарев Е.П. Оптико-електронні системи вимірювання температури. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1988), який полягає у тому, що променевий потік в заданому діапазоні довжин хвиль перетворюється в електричну напругу, по якій судять про дійсне значення температури з використанням градуированих кривих чи електронних таблиць відповідності.

Недоліком цього способу є недостатня точність вимірювання температури. Цей недолік обумовлений з одного боку нелінійністю і нестабільністю функції перетворення (НФП) чутливого елемента фотоприймача, що приводить до появи похибки від нелінійності, адитивної і мультиплікативної складових систематичної похибки, а з іншого не визначенням коефіцієнта перепускання середовищем, що вносить додаткову похибку на результат вимірювання.

Відомий оптико-електронний спосіб визначення температури (див. Назаренко Л.А., Ромоданов И.С., Кисіль О.М., Сергієнко П.П. Еталонний оптичний пірометр ЕОП-93//Харків: ДНВО "Метрологія" Український метрологічний журнал.-1996.-Вип. 23.- с.46-48), який заснований на поділі потоку випромінювання від нагрітого об'єкта на два сфокусовані потоки, візуалізації зображення об'єкта по одному з потоків, направленні другого потоку випромінювання на поверхню чутливого елемента фотоприймача, виділенні з нього інформативного

потoku випромінювання $\Phi_x(\lambda)$ у заданому діапазоні довжин хвиль, перетворенні його у постійну напругу шляхом низькочастотної модуляції потоку, перетворенні в електричний сигнал, підсиленні його по амплітуді, демодуляції, інтегруванні і вимірюванні одержаної напруги, по якій судять про дійсне значення температури з використанням електронних таблиць відповідності.

Даному способу властива недостатня точність вимірювання температури, яка обумовлена нелінійністю, а також довгостроковою і температурною нестабільністю НФП фотоприймача. Це приводить до появи похибки від нелінійності, адитивної і мультиплікативної складових систематичної похибки. Крім того, в даному способі не враховується вплив коефіцієнта поглинання навколишнім середовищем на результат вимірювання. Не визначення коефіцієнта пропускання навколишнього середовища обумовлює додаткову похибку вимірювання, що впливає на точність результату вимірювання.

Відомий також оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури (див. деклараційний патент України №56614А, МПК G01R7/02, бюл.№5, 2003), який полягає у тому, що приймають потік випромінювання на довжині хвилі λ_1 від центральної частини досліджуваного об'єкта, розділяють потоки випромінювання від нагрітого об'єкта на два інформативні потоки, визначають місцезположення досліджуваного об'єкта по першому потоку, виключають дію другого потоку випромінювання Φ_x на поверхню чутливого елемента фотоприймача, перетворюють у постійну напругу U_1 темновий потік Φ_1 при температурі T_1 навколишнього середовища, вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, формують перший нормований за розміром потік випромінювання Φ_2 , що відповідає першій нормованій за розміром температурі T_2 та перетворюють його в постійну напругу U_2 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, формують другий нормований за розміром потік випромінювання Φ_3 , що відповідає другій нормованій за розміром температурі T_3 , близькій за розміром температурі T_2 та перетворюють його в постійну напругу U_3 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, діють потоком випромінювання Φ_x , що відповідає вимірювальній температурі T_x , на поверхню чутливого елемента фотоприймача, збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір першого потоку випромінювання Φ_2 , перетворюють перший сумарний потік випромінювання Φ_4 в постійну напругу U_4 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір другого потоку випромінювання Φ_3 , перетворюють другий сумарний потік випромінювання Φ_5 в постійну напругу U_5 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, по одержаних значеннях напруг визначають дійсне значення потоку випромінювання Φ_x .

Відомий спосіб забезпечує високоточне вимірювання потоку випромінювання Φ_x , але потребує використання таблиць відповідності. Записані в цих таблицях значення температур мають кінцеву дискретність, що обумовлює виникнення похибки дискретності. Використання таблиць відповідності з малою дискретністю значень температури менших, ніж похибка вимірювання, потребує великого об'єму пам'яті, що не завжди доцільно. Крім того, відомий спосіб потребує використання додаткових апаратних затрат на вирішення проблеми впливу коефіцієнта перепускання навколишнього середовища. Все це приводить до деякого зниження точності вимірювання температури.

В основу винаходу покладена задача створення такого оптико-електронного способу надлишкових вимірювань температури, в якому шляхом введення нових операцій вимірювання та порядок і умови їх проведення, забезпечилося би підвищення точності результату вимірювання температури з будь-якими типами фотоприймачів.

Поставлена задача вирішується тим, що в оптико-електронному способі надлишкових вимірювань температури, заснованому на тому, що приймають потік випромінювання на довжині хвилі λ_1 від центральної

частини досліджуваного об'єкта, розділяють потоки випромінювання від нагрітого об'єкта на два інформативні потоки, визначають місцезположення досліджуваного об'єкта по першому потоку, виключають дію другого потоку випромінювання Φ_x на поверхню чутливого елемента фотоприймача, перетворюють у постійну напругу U_1 темновий потік Φ_1 при температурі T_1 навколишнього середовища, вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, формують перший нормований за розміром потік випромінювання Φ_2 , що відповідає першій нормованій за розміром температурі T_2 та перетворюють його в постійну напругу U_2 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, формують другий нормований за розміром потік випромінювання Φ_3 , що відповідає другій нормованій за розміром температурі T_3 , близькій за розміром температурі T_2 та перетворюють його в постійну напругу U_3 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, діють потоком випромінювання Φ_x , що відповідає вимірювальній температурі T_x , на поверхню чутливого елемента фотоприймача, збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір першого потоку випромінювання Φ_2 , перетворюють перший сумарний потік випромінювання Φ_4 в постійну напругу U_4 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір другого потоку випромінювання Φ_3 , перетворюють другий сумарний потік випромінювання Φ_5 в постійну напругу U_5 , вимірюють її і запам'ятовують отримане значення, по одержаних значеннях напруг визначають дійсне значення потоку випромінювання Φ_x , згідно з винаходом, додатково приймають потік випромінювання за межами "об'єкт - середовище" з температурою T_0 , виділяють випромінювання потоку $\Phi(\lambda_2)$ на довжині хвилі λ_2 , порівнюють колір одержаного потоку випромінювання з кольором порівняння, що відповідає температурі T_0 , при розбіжності кольорів змінюють потік випромінювання $\Phi(\lambda_2)$ від досліджуваного об'єкта до рівності зазначених кольорів, отримують потік випромінювання Φ_{x0} , збільшують його розмір на розмір першого потоку випромінювання Φ_2 , перетворюють перший додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{40} в постійну напругу U_{40} , після вимірювання і запам'ятовування отриманого значення, збільшують розмір потоку випромінювання Φ_{x0} на розмір другого потоку випромінювання Φ_3 , перетворюють другий додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{50} в постійну напругу U_{50} , після вимірювання і запам'ятовування отриманого значення, визначають дійсне значення потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$, а дійсне значення температури T_x об'єкта визначають згідно з рівняннями надлишкових вимірювань

$$T_x = T_0 \sqrt[4]{\frac{U_x}{U_0}} = T_0 \sqrt[4]{\frac{\frac{n_3(U_5 + U_4 + U_3 + U_2 - n_4 U_1) - k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2))}{k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2)) - n_3(+U_3 + U_2 - n_2 U_1)}}{\frac{n_3(U_{50} + U_{40} + U_3 + U_2 - n_4 U_1) - k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2))}{k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2)) - n_3(+U_3 + U_2 - n_2 U_1)}}},$$

де $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 4$, U_x - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_x(\lambda_1)$, U_0 - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$, k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці

світлових потоків Φ_3 та Φ_2 , тобто $k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$.

В запропонованому оптико-електронному способі надлишкових вимірювань температури при кубічній функції перетворення фотоприймача для підвищення точності вимірювання запропоновано додаткове вимірювання температури T_0 в тих же умовах навколишнього середовища, що і при вимірювання температури T_x .

Визначення температури досліджуваного об'єкта як відношення напруг U_x і U_0 , пропорційних потокам випромінювання Φ_x і Φ_0 , у степені 1/4 забезпечує виключення впливу факторів навколишнього середовища на результат вимірювання. Використання методів надлишкових вимірювань обох температур забезпечило виключення похибок вимірювання, обумовлених нестабільністю параметрів нелінійної функції перетворення та лінеаризацію загальної функції перетворення. Запропонований спосіб при вимірюванні температури T_0 , забезпечує використання лише двох операцій вимірювання додаткових сумарних потоків. Це забезпечує одержання високоточного результату визначення температури об'єкта.

На кресленні зображена структурна схема пристрою, що реалізує зазначений спосіб, де 1 - досліджуваний об'єкт, 2 - оптико-механічний канал з входом ручного керування заслінкою, 3 - сірий клин, 4 - полупрозоре дзеркало; 5 - перший світловипромінюючий діод, 6 - кероване джерело стабільного струму, 7 - об'єктораторний диск із двигуном, 8 - світлофільтр, 9 - фотоприймач, 10 - МДМ-підсилювач, 11 - цифровий вольтметр, 12 - другий світловипромінюючий діод, 13 - фотоприймач-формувач імпульсів.

Причому на одній оптичній осі послідовно розташовані та оптично з'єднані між собою досліджуваний об'єкт 1,

заслінка оптико-механічний канал 2, сірий клин 3, полупрозоре дзеркало 4, обтюраторний диск 7, світлофільтр 8 і фотоприймач 9, вихід якого підключений до МДМ-підсилювача 10, до виходу якого підключений цифровий вольтметр 11, вхід керування до МДМ-підсилювача 10 з'єднаний з виходом фотоприймача-формуєча імпульсів 13, вхід якого через отвори обтюраторного диска 7 оптично з'єднані з другим світловипромінюючим діодом 12, кероване джерело стабільного струму підключене до першого світловипромінюючого діода 5, оптично зв'язаного через напівпрозоре дзеркало 4 з чутливою поверхнею фотоприймача 9.

Розглянемо сутність процесу вимірювання температури запропонованим способом.

В основу запропонованого способу покладено залежність потоку випромінювання від температури T_x : $\Phi_x = A' \sigma T_x^4$, де $A' = A \tau_{\lambda c}$, A' - коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта використання потоку від об'єкта A і коефіцієнта поглинання середовищем $\tau_{\lambda c}$.

Спочатку приймають потік випромінювання на довжині хвилі λ_1 від центральної частини досліджуваного об'єкта. Розділяють потоки випромінювання від нагрітою об'єкту на два інформативні потоки. Місцеположення досліджуваного об'єкта визначають по першому потоку. Виключають дію другого потоку випромінювання Φ_x на поверхню чутливого елемента фотоприймача. Перетворюють у постійну напругу U_1 темновий потік Φ_1 при температурі T_1 навколишнього середовища

$$U_1 = S_H \Phi_{00}^3 + S_L \Phi_{00} + \Delta U_{cm} = \Delta U_{cm}, \quad (1)$$

де Φ_{00} - потік випромінювання з нульовим розміром інтенсивності J_{00} , тобто $\{J_{00}\} = 0$, яку вимірюють, а одержане значення запам'ятовують.

Далі формують перший нормований за розміром потік випромінювання Φ_2 , що відповідає першій нормований за розміром температурі T_2 . Перетворюють потік випромінювання Φ_2 в постійну напругу

$$U_2 = S_H \Phi_2^3 + S_L \Phi_2 + \Delta U_{cm}, \quad (2)$$

вимірюють її і запам'ятовують отримане значення.

Формують другий нормований за розміром потік випромінювання Φ_3 , що відповідає другій нормований за розміром температурі T_3 , близький за розміром до температури T_2 . Перетворюють потік випромінювання Φ_3 в постійну напругу

$$U_3 = S_H \Phi_3^3 + S_L \Phi_3 + \Delta U_{cm}, \quad (3)$$

Постійну напругу (3) вимірюють, а отримане значення запам'ятовують.

Діють потоком випромінювання $\Phi_x(\lambda_1)$, що відповідає невідомій температурі T_x , на поверхню чутливого елемента фотоприймача. Збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір першого потоку випромінювання Φ_2 . Перетворюють перший сумарний потік випромінювання Φ_4 в постійну напругу

$$U_4 = S_H \Phi_4^3 + S_L \Phi_4 + \Delta U_{cm} =$$

$$= S_H (\Phi_x + \Phi_2)^3 + S_L (\Phi_x + \Phi_2) + \Delta U_{cm}.$$

Вимірюють і запам'ятовують отримане значення напруги (4).

Збільшують розмір потоку випромінювання Φ_x на розмір другого потоку випромінювання Φ_3 . Перетворюють другий сумарний потік випромінювання Φ_5 в постійну напругу

$$U_5 = S_H \Phi_5^3 + S_L \Phi_5 + \Delta U_{cm} =$$

$$= S_H (\Phi_x + \Phi_3)^3 + S_L (\Phi_x + \Phi_3) + \Delta U_{cm}.$$

Постійну напругу (5) вимірюють, а отримане значення запам'ятовують.

Дійсне значення потоку випромінювання $\Phi_x(\lambda_1)$ визначають згідно із рівняннями надлишкових вимірювань

$$U_x = \frac{(\Phi_3 + \Phi_2)}{n_2} \left[\frac{n_3(\Phi_3 - \Phi_2)(U_5 + U_4 - n_2 U_1)}{(\Phi_3 + \Phi_2)(U_5 - U_4) - (U_3 - U_2)) - n_3(\Phi_3 - \Phi_2)(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1 \right] = \frac{k_\Phi}{n_2} \left[\frac{n_3(U_5 + U_4 - n_2 U_1)}{k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1 \right] \quad (6)$$

де $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 4$, k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці світлових потоків Φ_3

та Φ_2 , тобто $k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$.

Далі приймають потік випромінювання за межами "об'єкт - середовище" з температурою T_0 . Виділяють випромінювання потоку $\Phi(\lambda_2)$ на довжині хвилі λ_2 і порівнюють колір одержаного потоку випромінювання з кольором порівняння, що відповідає температурі T_0 (100 °C). При розбіжності кольорів змінюють потік випромінювання $\Phi(\lambda_2)$ від досліджуваного об'єкта до рівності зазначених кольорів і отримують потік випромінювання Φ_{x0} . Збільшують розмір отриманого потоку випромінювання Φ_{x0} на розмір першого потоку

випромінювання Φ_2 , перетворюють перший додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{40} в постійну напругу

$$U_{40} = S_H \Phi_{40}^3 + S_L \Phi_{40} + \Delta U_{CM} = \quad (7)$$

$$= S_H (\Phi_{x0} + \Phi_2)^3 + S_L (\Phi_{x0} + \Phi_2) + \Delta U_{CM}.$$

Постійну напругу (7) вимірюють, а отримане значення запам'ятовують.

Збільшують розмір потоку випромінювання Φ_{x0} на розмір другого потоку випромінювання Φ_3 .

Перетворюють другий додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{50} в постійну напругу

$$U_{50} = S_H \Phi_{50}^3 + S_L \Phi_{50} + \Delta U_{CM} = \quad (8)$$

$$= S_H (\Phi_{x0} + \Phi_3)^3 + S_L (\Phi_{x0} + \Phi_3) + \Delta U_{CM}.$$

Постійну напругу (8) вимірюють, а отримане значення запам'ятовують.

По одержаним значенням напруг визначають дійсне значення потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$ згідно із рівнянням надлишкових вимірювань

$$U_0 = \frac{(\Phi_3 + \Phi_2)}{n_2} \left[\frac{n_3(\Phi_3 - \Phi_2)(U_{50} + U_{40} - n_2 U_1)}{(\Phi_3 + \Phi_2)((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2)) - n_3(\Phi_3 - \Phi_2)(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1 \right] = \quad (9)$$

$$= \frac{k_\Phi}{n_2} \left[\frac{n_3(U_{50} + U_{40} - n_2 U_1)}{k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1 \right]$$

де $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 4$, k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці світлових потоків Φ_3

та Φ_2 , тобто $k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$.

Дійсне значення температури T_x об'єкта визначають згідно з рівняннями надлишкових вимірювань

$$T_x = T_0 \sqrt[4]{\frac{U_x}{U_0}} = T_0 \sqrt[4]{\frac{\frac{n_3(U_5 + U_4 - n_2 U_1)}{k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1}{\frac{n_3(U_{50} + U_{40} - n_2 U_1)}{k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)} - 1}} = \quad (10)$$

$$= T_0 \sqrt[4]{\frac{\frac{n_3(U_5 + U_4 + U_3 + U_2 - n_4 U_1) - k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2))}{k_\Phi((U_5 - U_4) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)}}{\frac{n_3(U_{50} + U_{40} + U_3 + U_2 - n_4 U_1) - k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2))}{k_\Phi((U_{50} - U_{40}) - (U_3 - U_2)) - n_3(U_3 + U_2 - n_2 U_1)}}}$$

де $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 4$, U_x - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_x(\lambda_1)$, U_0 - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$, k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці

світлових потоків Φ_3 та Φ_2 , тобто $k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$.

Пристрій на рисунку, що реалізує зазначений спосіб працює наступним чином. Припустимо, що об'єкт

дослідження 1, температуру якого необхідно визначити, формує потік випромінювання Φ_x . Згідно з запропонованим способом, у першому такті вимірювання приймають потік випромінювання від центральної частини досліджуваного об'єкта. За допомогою відбивного дзеркала (на рисунку не зображено), яке є елементом оптико-механічного блоку 2, розділяють потоки випромінювання від нагрітого об'єкта на два інформативні потоки. По першому потоку визначають місцеположення досліджуваного об'єкта. Встановлюють світлофільтр 8 з

довжиною хвилі λ_1 . Закривають заслінку, що екранує потік випромінювання Φ_x (див. блок 2 на кресленні). Відключають живлення першого світловипромінюючого діода 5 від джерела струму 6. На фотоприймач 9 подають темповий потік ($\{\Phi_1\} = \{\Phi_{00}\} = 0$). На фотоприймач подається темновий потік Φ_1 нульової інтенсивності. Вихідну

постійну напругу фотоприймача 9 підсилюють за допомогою МДМ-підсилювача 10. Одержану напругу U_1 (1) вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_1 ($N_1 = kU_1$) запам'ятовують, де k - коефіцієнт пропорційності.

В другому такті вимірювання на виході джерела струму 6 встановлюють перше задане значення струму I_1 , який подається через перший світловипромінюючий діод 5. В результаті формується перший нормований за розміром потік випромінювання Φ_2 . Цей потік через напівпрозоре дзеркало 4, об'єктаторний диск 7 та світлофільтр 8 поступає на фотоприймач 9. Вихідну напругу фотоприймача 9 підсилюють за допомогою МДМ-підсилювача 10. Синхроімпульси, що керують роботою МДМ-підсилювача формують за допомогою блоків 7, 12 та 13. Вихідну напругу МДМ-підсилювача U_2 (2) вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_2 ($N_2 = kU_2$) запам'ятовують.

У третьому такті на виході джерела струму 6 встановлюють друге задане значення струму I_2 . Цей струм проходить через перший світловипромінюючий діод 5, та забезпечує формування другого нормованого за розміром потоку випромінювання Φ_3 . Цей потік через напівпрозоре дзеркало 4, об'єкторний диск 7 та світлофільтр 8 поступає на фотоприймач 9. Вихідна напруга фотоприймача 9 підсилюється за допомогою МДМ-підсилювача 10. Одержану постійну напругу U_3 (3) вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_3 ($N_3 = kU_3$) і запам'ятовують.

У четвертому такті відкривають заслінку, яка екранує потік випромінювання Φ_x . Струм через перший світловипромінюючий діод 5 залишається незмінним. В результаті на чутливий елемент фотоприймача 9 поступає перший сумарний потік випромінювання Φ_4 , який складається з потоку випромінювання Φ_x від досліджуваного об'єкта і з потоку випромінювання Φ_3 від першого світловипромінюючого діода 5. Вихідна постійна напруга фотоприймача 9 підсилюється за допомогою МДМ-підсилювача 10. Вихідну напругу U_4 (4) МДМ-підсилювача вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_4 ($N_4 = kU_4$) запам'ятовують.

В п'ятому такті за допомогою джерела струму 6 встановлюють через перший світловипромінюючий діод 5 друге задане значення струму I_2 . На виході першого світловипромінюючого діода 5 формується другий нормований за розміром потік випромінювання Φ_3 . На фотоприймач 9 поступає другий сумарний потік випромінювання Φ_5 , який складається з потоку випромінювання Φ_x від досліджуваного об'єкта і з потоку випромінювання Φ_2 , що формується першим світловипромінюючим діодом. Вихідну напругу фотоприймача 9 підсилюють за допомогою МДМ-підсилювача 10, а одержану постійну напругу U_5 (5) вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_5 ($N_5 = kU_5$) запам'ятовують.

По отриманим в кожному з п'яти тактів вимірювань відповідні значення кодів напруг визначають дійсне значення потоку випромінювання $\Phi_d(A_i)$ згідно із рівнянням числових значень

$$N_x = \frac{\{\Phi_2\} + \{\Phi_3\}}{2} \left[\frac{3k(\{\Phi_3\} - \{\Phi_2\})(N_5 + N_4 - 2N_1)}{k((\{\Phi_2\} + \{\Phi_3\})(N_5 - N_4) - (N_3 - N_2)) - 3(\{\Phi_3\} - \{\Phi_2\})(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1 \right] =$$

$$= \frac{k_\Phi}{2} \left[\frac{3k(N_5 + N_4 - 2N_1)}{k(k_\Phi((N_5 - N_4) - (N_3 - N_2)) - 3(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1 \right] \quad (11)$$

де k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці світлових потоків Φ_3 та Φ_2 , тобто $k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$, яке відповідає рівнянню надлишкових вимірювань (6). Отриманий результат (11) запам'ятовуються.

Далі виключають джерело струму 6. В результаті струм через перший світловипромінюючий діод 5 не тече. Приймають потік випромінювання за межами "об'єкт - середовище" з температурою T_0 . Встановлюють світлофільтр з довжиною хвилі λ_2 . Порівнюють колір одержаного потоку випромінювання з кольором порівняння, що відповідає температурі T_0 (100 °C). При розбіжності кольорів, змінюють шляхом переміщення сірого клину 3 потік випромінювання $\Phi(\lambda_2)$ від досліджуваного об'єкта. Зміну здійснюють до моменту рівності зазначених кольорів. За допомогою джерела струму 6 встановлюють через перший світловипромінюючий діод 5 перше задане значення струму I_1 . Тим самим збільшують розмір потоку випромінювання Φ_{x0} на розмір першого потоку випромінювання Φ_2 . На фотоприймач 9 поступає перший додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{40} . Він складається з потоку випромінювання Φ_{x0} від досліджуваного об'єкта і з потоку випромінювання Φ_2 . Вихідну напругу фотоприймача 9 підсилюють за допомогою МДМ-підсилювача 10. Вихідну напругу U_{40} (7) МДМ-модулятора вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_{40} ($N_{40} = kU_{40}$) запам'ятовують.

Потім за допомогою джерела струму 6 встановлюють через перший світловипромінюючий діод 5 друге задане значення струму I_2 . На виході першого світловипромінюючого діода 5 формують другий нормований за розміром потік випромінювання Φ_3 . На фотоприймач 9 поступає другий додатковий сумарний потік випромінювання Φ_{50} , який складається з потоку випромінювання Φ_{x0} від досліджуваного об'єкта і з потоку випромінювання Φ_2 . Вихідну напругу фотоприймача 9 підсилюють та вимірюють за допомогою цифрового вольтметра 11. Отриманий код числа N_{50} ($N_{50} = kU_{50}$) запам'ятовують, де U_{50} - вихідна напруга МДМ-

підсилювача.

По одержаним значенням напруг визначають дійсне значення потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$ згідно із рівнянням числових значень

$$N_0 = \frac{\{\Phi_2\} + \{\Phi_3\}}{2} \left[\frac{3k(\{\Phi_3\} - \{\Phi_2\})(N_{50} + N_{40} - 2N_1)}{k(\{\Phi_2\} + \{\Phi_3\})(N_{50} - N_{40}) - (N_3 - N_2)) - 3(\{\Phi_3\} - \{\Phi_2\})(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1 \right] =$$

$$= \frac{k_\Phi}{2} \left[\frac{3k(N_{50} + N_{40} - 2N_1)}{k(k_\Phi((N_{50} - N_{40}) - (N_3 - N_2)) - 3(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1 \right] \quad (12)$$

де k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці світлових потоків Φ_3 та Φ_2 , тобто

$$k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$$

Дійсне значення температури T_x об'єкта визначають згідно з рівняннями надлишкових вимірювань (10)

$$T_x = T_0 \sqrt[4]{\frac{\{U_x\}}{\{U_0\}}} = T_0 \sqrt[4]{\frac{\frac{3k(N_5 + N_4 - 2N_1)}{k(k_\Phi((N_5 - N_4) - (N_3 - N_2)) - 3(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1}{\frac{3k(N_{50} + N_{40} - 2N_1)}{k(k_\Phi((N_{50} - N_{40}) - (N_3 - N_2)) - 3(N_2 + N_3 - 2N_1))} - 1}} =$$

$$= T_0 \sqrt[4]{\frac{\frac{3(N_5 + N_4 + N_3 + N_2 - 4N_1) - k_\Phi((N_5 - N_4) - (N_3 - N_2))}{k_\Phi((N_5 - N_4) - (N_3 - N_2)) - 3(N_3 + N_2 - 2N_1)}}{\frac{3(N_{50} + N_{40} + N_3 + N_2 - 4N_1) - k_\Phi((N_{50} - N_{40}) - (N_3 - N_2))}{k_\Phi((N_{50} - N_{40}) - (N_3 - N_2)) - 3(N_3 + N_2 - 2N_1)}}}$$

де $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 4$, U_x - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_x(\lambda_1)$, U_0 - напруга, пропорційна потоку випромінювання $\Phi_0(\lambda_2)$, k_Φ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню суми та різниці

світлових потоків Φ_3 та Φ_2 , тобто

$$k_\Phi = \frac{\Phi_3 + \Phi_2}{\Phi_3 - \Phi_2}$$

Таким чином, зазначена сукупність та послідовність запропонованих та відомих суттєвих ознак забезпечує підвищення точності вимірювання температури.

Використання запропонованого рівняння надлишкових вимірювань (10) забезпечило підвищення точності вимірювання за рахунок додаткових вимірювань температури T_0 та виключення впливу коефіцієнта використання потоку від об'єкта А та коефіцієнта поглинання середовищем $\tau_{\lambda c}$ внаслідок виконання операцій ділення. Обробка результатів проміжних вимірювань згідно з рівняннями числових значень (9) і (12) забезпечує виключення впливу на результат вимірювання температури T_x , абсолютних значень параметрів (ΔU_{cm} , S_H , S_L) НФП фотоприймача та забезпечує системну лінеаризацію загальної (результуючої) НФП пристрою.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує вирішення поставленої задачі.

