

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису



ЗАВАЛЬНЮК Євген Анатолійович

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ
ТОЧНОСТІ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ
В ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТИКИ**

Спеціальність 05.11.16 - інформаційно-вимірювальні системи
(в науці та промисловості)

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 1994

AB 31.022

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому державному технічному університеті на кафедрі електричних станцій, мереж та електричних систем і кафедрі електричних машин та приводу.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Мокін Борис Іванович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Романенко Віктор Демидович

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Смолінський Євген Степанович

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777045 (U)

Провідна організація: центральний науково-дослідний інститут "Інфракон" (м. Вінниця)

Захист відбудеться "29" жовтня 1994 року на засіданні спеціалізованої ученої ради Д 10.01.01 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ВДТУ.

Автореферат розісланий 24 09 1994 року.

Учений секретар

спеціалізованої ученої ради

ЛНБ ім. В. Стефаника
України

Юхимчук С.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема забезпечення надійної роботи різноманітного обладнання в промисловості є однією з головних. Безпечна експлуатація, наприклад, енергообладнання підстанцій та електростанцій може бути забезпечена тільки за умов комплексного поточного та технологічного контролю теплових параметрів енергообладнання. Відомо, що в кожному конкретному випадку дистанційного виявлення чи вимірювання цих параметрів треба звертатися до системи, яка спроможна забезпечити прийом та обробку інформації з необхідною точністю.

Широке застосування тепловізійних систем діагностики, які випускаються промисловістю СНД та закордонними фірмами, стримується їх відносною складністю, високою ціною та недостатньою точністю. В зв'язку з цим актуальною задачею є розробка систем тепловізійної діагностики, які спрягаються з ЕОМ, забезпечують необхідну точність вимірювання інформаційного параметру теплового поля при відносно низькій вартості.

Метою роботи є розробка методів та засобів підвищення точності тепловізійних вимірювань в задачах діагностики. Для досягнення цієї мети поставлені та вирішені наступні завдання:

1. Проведено послідовний аналіз існуючих методів та засобів підвищення точності тепловізійних вимірювань.
2. Розроблена математична модель процесу перетворення інформації в засобах тепловізійної діагностики з метою підвищення точності вимірювань.
3. З допомогою комбінаторного та багаторядного алгоритмів методу групового врахування аргументів розроблені оптимальні математичні підмоделі, що забезпечують необхідний рівень точності вимірювань інформаційного параметру в кожному конкретному випадку.

4. Розроблені та реалізовані алгоритми підвищення точності дистанційного вимірювання температури.

5. Розроблені та реалізовані структурні схеми засобів для підвищення точності тепловізійних вимірювань.

6. Проведена оцінка похибок розробленого комплексу засобів для підвищення точності тепловізійних вимірювань.

7. Проведена оцінка економічної ефективності розробленого комплексу засобів.

Теоретична і практична цінність роботи заключається в створенні методів та засобів підвищення тепловізійних вимірювань температури поверхні об'єктів різноманітного призначення з використанням мікропроцесорної обробки інформації. Дослідження були складовою частиною робіт, які виконувались в СНД по науково-технічній програмі Держосвіти СРСР "Автоматизація наукових досліджень в вищій школі на базі проблемно-орієнтованих вимірювально-обчислювальних комплексів, наукових приладів, випробувальних стендів та тренажерів" (шифр "АСНД"), наказ ДК по НО N 282 від 24.04.90р.

Наукова новизна. Новими науковими результатами є:

- сімейство математичних підмоделей, які забезпечують необхідний рівень точності вимірювання інформаційного параметру в кожному конкретному випадку;
- резидентна функція взаємодії розроблених математичних підмоделей в комплексній тепловізійній інформаційно-вимірювальній системі;
- новий критерій оцінки якості моделювання за методом групового врахування аргументів;
- структурні схеми апаратних засобів для підвищення точності тепловізійних вимірювань;
- загальна структурна схема комплексу засобів для підвищення точності тепловізійних вимірювань;

- алгоритми підвищення точності тепловізійних вимірювань з допомогою розробленого комплексу засобів.

Реалізація результатів роботи. Результати, отримані в дисертаційній роботі, використані в народному господарстві після завершення госпдоговірної роботи N 8404 "Розробка мікропроцесорного пристрою отримання та попередньої обробки тепловізійної інформації для пересувної діагностичної лабораторії" та науково-дослідної роботи N 84-Г-38 "Розробка комплексу апаратних та програмних засобів для пересувної діагностичної лабораторії", державний реєстраційний номер 0193У007162. Місце впровадження - Вінницьке Центральне підприємство електричних мереж ПЕО "Вінницяенерго". Результати також впроваджені у Вінницькому державному технічному університеті при виконанні г/т N 2348 "Розробка, виготовлення та наладка пристроїв температурного захисту електродвигунів" та в навчальному процесі в курсі "Діагностика енергетичного виробництва", а також використовувались при виконанні г/т N 8406 "Розробка комп'ютерного діагностичного комплексу на базі комп'ютера сумісного з IBM PC" у Вінницькій філії Дніпропетровського НДІ відновлення та експертизи праездатності інвалідів.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи повідомлені та обговорені на: науково-технічній конференції СНД "Контроль и управление в технических системах" (Вінниця, 1992), VIII науково-технічній конференції "Теплофизика технологических процессов" (Рибінськ, 1992), школі-семінарі "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте" (Харків, 1992), науково-технічній конференції з міжнародною участю "Приборостроение - 92" (Вінниця-Керч, 1992), Second International Seminar "Measurement System and Networks" (Gliwice-Poland, 1992), IV республіканській науково-технічній конференції "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике" (Харків, 1992), IV науково-технічній конференції з міжнародною участю "Приборостроение - 93 и новые информационные технологии" (Вінниця-Миколаїв, 1993).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 друкованих праць, в тому числі дві за кордоном.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота містить в собі вступ, п'ять глав, висновки, перелік літератури та вісім додатків. Обсяг дисертації містить 164 сторінки основного тексту, 11 таблиць, сімнадцять рисунків, перелік літератури з 106 найменувань.

Особистим внеском у розробку наукових результатів дисертанта є:

1. Синтез за допомогою МГВА сімейства математичних підмоделей.
2. Синтез резидентної функції взаємодії розроблених математичних підмоделей.
3. Виявлення та застосування нового критерію оцінки якості моделювання за МГВА.
4. Розробка та реалізація схем апаратних засобів для підвищення точності тепловізійних вимірювань.
5. Розробка та програмна реалізація алгоритмів підвищення точності тепловізійних вимірювань.
6. Впровадження розробленої системи тепловізійних вимірювань в енергетиці, медицині та навчальному процесі.

Методи досліджень базуються на використанні методів функціонального аналізу, технічної діагностики, теорії імовірності, методів групового врахування аргументів, алгебри логіки, методів лінійної алгебри, а також чисельних методів вирішення задач.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі відмічена актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та задачі досліджень, визначена наукова новизна та практична цінність роботи, зроблено виклад основних положень, які виносяться на захист, а

також наведені відомості про апробацію результатів досліджень та структури дисертації.

Перша глава присвячена послідовному аналізу існуючих методів та засобів підвищення точності тепловізійних вимірювань. В главі відмічено, що на даний час існує велика кількість різноманітних за своїми технічними характеристиками тепловізійних засобів, які використовуються для проведення діагностики в багатьох галузях народного господарства, науки та медицини. Треба відмітити, що в останній час помітний перехід від засобів, які дозволяли отримувати лише тепловий портрет діагностуемого об'єкту, тобто якісну картину поля, до тепловізійних інформаційно-вимірювальних систем, які дозволяють робити кількісну оцінку температурного поля з завданною точністю.

Проведений аналіз показує, що на об'єкті діагностування створюється тепловізійне поле об'єкту, на параметри якого роблять вплив фактори навколишнього середовища:

- температура навколишнього середовища;
 - відносна вологість;
 - швидкість вітру;
 - освітленість земної поверхні в місці розташування об'єкту;
 - відносна висота сонця над горизонтом;
 - азимутальний кут зйомки;
 - атмосферний тиск;
- та власні характеристики поверхні об'єкту:
- спектральний коефіцієнт випромінювання (КВ) поверхні об'єкту;
 - коефіцієнт відбивання випромінювання поверхнею.

В навколишньому середовищі на точність вимірювань мають вплив прозорість атмосфери та атмосферна турбулентність.

В оптико-механічному каналі підлягають обліку: аберації та дифракція оптики прийомної камери, власні КВ оптичних деталей прийомної камери,

якість робочої поверхні механічних деталей системи сканування прийомної камери.

В приймачі випромінювання(ПВ) факторами, які мають вплив на точність вимірювань, є технічні характеристики засобу, який використовується в якості ПВ. Для електронного аналогового каналу дійсне все те, що й для ПВ, але лише відносно засобів, які використовуються в аналоговому каналі. Перетворювач - як і для ПВ. Електроний цифровий канал - аналогічно аналогового каналу. В цифровому програмному перетворенні обліку підлягають: тип уявлення чисел в операціях, апіорна ефективність алгоритмів обробки інформації.

В блоці 9 при якісному відображенні інформації треба зважити на ступінь вірного сприйняття інформації оператором-діагностом.

Методи компенсації похибок, тобто методи підвищення точності вимірювань температури на поверхні об'єкту, цілком залежать від фізичної природи виникнення самих похибок. Тому методи компенсації похибок діляться на апаратні та програмні. Сумісна компенсація тієї чи іншої похибки апаратними та програмними засобами цілком можлива, але процес компенсації буде відокремлений за часом.

Далі в цій главі більш досконало розглянуто флуктуації КВ поверхні об'єкту та існуючі способи його стабілізації. Зроблено аналіз впливу поглинання інфра-червоного випромінювання проміжним середовищем, а також ступеню впливу випромінювання часток, які знаходяться в цьому середовищі.

Для оцінки ефективності застосування тих чи інших засобів підвищення вимірювань температури на відстані пропонується використання таких величин як різниця температур, яка еквівалентна шуму, та опромінення, яке еквівалентне шуму. Іншими словами, мовиться про температурне вирішення та мінімальне виявлення опромінення.

Зроблені висновки про необхідність розробки малогабаритних спеціалізованих пристроїв, які зможуть забезпечити при мінімумі витрат на апа-

ратно-програмні засоби достатній рівень точності кількісного аналізу температури на поверхні об'єкту.

На основі проаналізованого сформульовані мета та основні задачі досліджень, вибрані критерії оцінки рішень, які будуть прийматися.

В другій главі виконано аналіз факторів, які мають найвідчутніший вплив на точність тепловізійних вимірювань. Процес перетворення тепловізійної інформації в системі показаний на рис. 1. Блоки на цьому рисунку позначені так:

- 1 - об'єкт-фон;
- 2 - канал передачі інформації від об'єкту до ПВ;
- 3 - ПВ;
- 4 - канал фізичного перетворення інформації;
- 5 - канал логічного перетворення та відображення інформації.

Перший блок відтворює процес формування у просторі предметів інформаційного поля; вихідним параметром є спектральна густина енергетичної яскравості його елементарних площадок $V(i,j,k)$, де i,j,k - номери елемента в рядку, рядка в кадрі і кадру відповідно. Другий блок відтворює процес впливу різних факторів на величину $V(i,j,k)$ в визначеному спектральному діапазоні на протязі всього каналу передачі тепловізійної інформації від об'єкту до приймача випромінювання. Відповідно вихідним сигналом блоку 2 є $V_{\lambda}(i,j,k)\tau_{кп}$, де $\tau_{кп}$ - коефіцієнт передачі каналу передачі інформації. Третій блок відтворює процес перетворення оптичного сигналу в електричний аналоговий сигнал $U_{\Delta\lambda}(i,j,k)$. Четвертий блок відтворює процес фізичного перетворення аналогового сигналу $U_{\Delta\lambda}(i,j,k)$ в цифровий сигнал $D_{ц}(i,j,k)$. Останній блок відтворює процес логічної обробки цифрової інформації з допомогою програмного забезпечення. Зовнішніми і внутрішніми факторами відповідно рис. 1 є:

$T_{окр}$ - температура навколишнього середовища;

γ - відносна вологість;

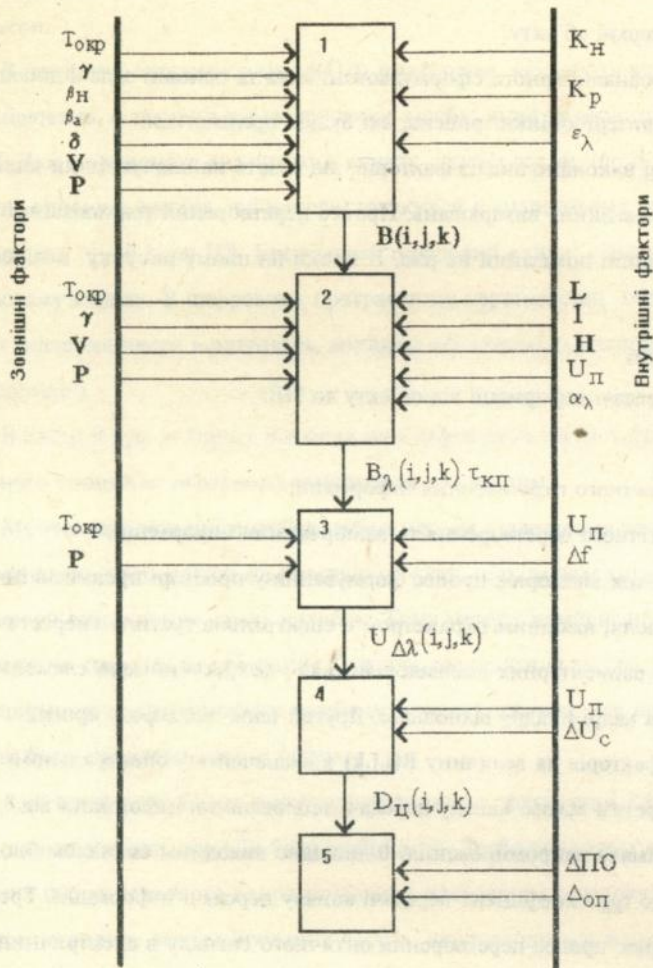


Рис.1.

P - атмосферний тиск;

V - швидкість вітру;

β_H - відносна висота сонця над горизонтом;

β_a - азимутальний кут зйомки;

δ - кут між напрямком візування й нормаллю до площини об'єкта діагностування;

K_n - коефіцієнт навантаження об'єкта;

K_p - коефіцієнт працездатності об'єкта;

ϵ_λ - коефіцієнт випромінювання поверхні об'єкта;

L - довжина траси;

I - метеорологічна дальність бачення;

H - висота розташування об'єкта по відношенню до рівня моря;

U_n - напруга живлення діагностуючої апаратури;

α_λ - коефіцієнт пропуску сигналу оптичної системи;

Δf - електрична смуга частот ПВ;

ΔU_c - похибка аналого-цифрового перетворення;

ΔPO - похибка алгоритмів програмного забезпечення системи;

$\Delta_{оп}$ - похибка сприймання інформації оператором.

Повна математична модель цього процесу буде мати вигляд складної функції температури поверхні об'єкту $T(i,j,k)$ від усіх названих факторів, як аргументів. Зважаючи на те, що складність універсальної математичної моделі обумовлює використання обмеженої кількості членів апроксимуючих поліномів чи їх сполучень, було запропоновано інший спосіб синтезу моделі. Напочатку виконується синтез загальної моделі з урахуванням всіх факторів та діапазонів їх змін, далі виконується умовний розподіл на найбільш імовірні групи одночасного впливу на інформаційний параметр (інші фактори в цьому випадку вважаються незмінними). Для кожної такої групи синтезуються підмоделі. Увесь динамічний діапазон загальної моделі покривається підмоделями з допомогою резидентної функції, яка описана нижче. Оскільки доданків і множників в підмоделях значно менше, то ступінь апроксимуючого поліному може бути вибрана вищою за ступінь поліному загальної моделі, отож і точність підмоделі буде вищою.

Для синтезу підмоделей запропоновано критерій оцінки якості моделювання процесу перетворення інформації з допомогою алгоритмів методу групового врахування аргументів (МГВА): багаторядного та комбінаторного. В основу цього критерію покладена максимальна різниця між фактичним і модельним значенням функції і використовується він, як друге зовнішнє доповнення.

Суть запропонованої резидентної функції полягає в тому, що оптимальних по критерію мінімуму витрат на реалізацію системи, яка забезпечує завдану точність вимірювання температури при визначеному рівні похибки, моделей M_0 синтезується декілька $M_{10}, M_{20}, \dots, M_{j0}$, де j - величина, яка визначається в кожному конкретному випадку технічними вимогами. Крім того, по одному з алгоритмів МГВА синтезується сама резидентна функція $R_F = f(f_1, f_2, \dots, f_n)$, яка в процесі роботи системи виконує перемикання підмоделей, чи вибирає одну підмодель з набору M_j , який зберігається в пам'ятовуючому пристрої.

Схема реалізації резидентної функції показана на рис.2.

Таким чином, на основі формалізації фізичних процесів, комп'ютерної обробки експериментальних даних по багаторядним і комбінаторним алгоритмам МГВА розроблена повна математична модель процесу перетворення інформації в тепловізійній інформаційно-вимірювальній системі, а також створено сімейство підмоделей для конкретних умов вимірювання температури об'єктів шляхом раціональної трансформації повної математичної моделі.

В третій главі проведено синтез оптимальних алгоритмів підвищення точності тепловізійних вимірювань, а також синтез структурних схем апаратних засобів та схем керування цими засобами. Структурні схеми керування апаратними засобами синтезовані з допомогою математичного апарату секвенцій для задоволення критерію мінімуму витрат на реалізацію цих засобів. Застосування секвенціального апарату показано на прикладі синтезу оптимальної структурної схеми пристрою, який реалізує стабілізацію

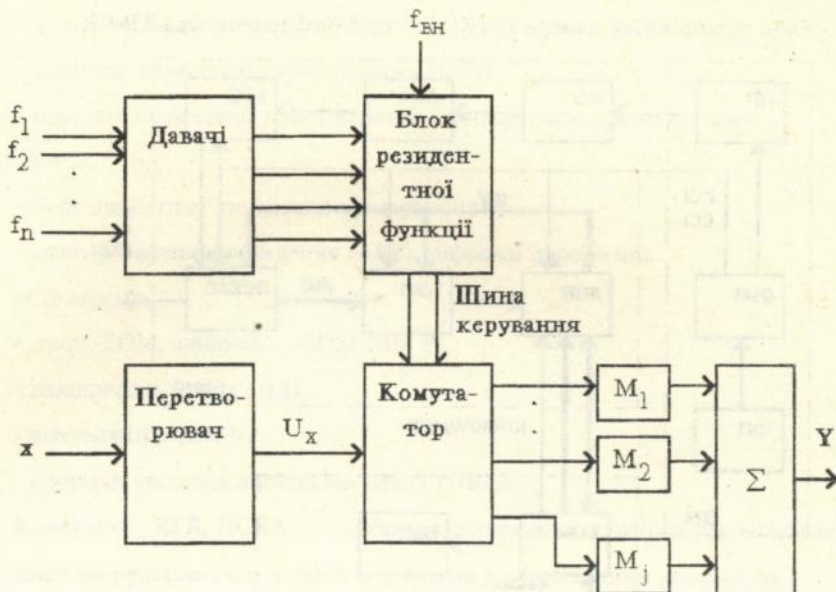


Рис.2.

дрейфу тепловізійного сигналу та компенсацію величини похибки нечутливості підсилувача.

При розробці загального алгоритму функціонування системи визначені функції кожного етапу алгоритму і зроблено оптимальний розподіл алгоритмів підвищення точності вимірювань температури на апаратні та програмні. Таким чином для розробки самого програмного забезпечення виділені контрольні та обчислювальні функції. Виконано вибір мови програмування Turbo C++, яка найбільш пасує для реалізації виділених функцій.

В четвертій главі наведена практична реалізація апаратних засобів тепловізійних вимірювань, які містять в собі безпосередньо блоки підвищення точності цих вимірювань. Ці засоби реалізовані згідно структури на рис. 3.

Конструктивно наведений пристрій розділено на три функціонально-закінчених блоки:

- блок тепловізійної камери (БТК) від серійного тепловізора ТВ-03;

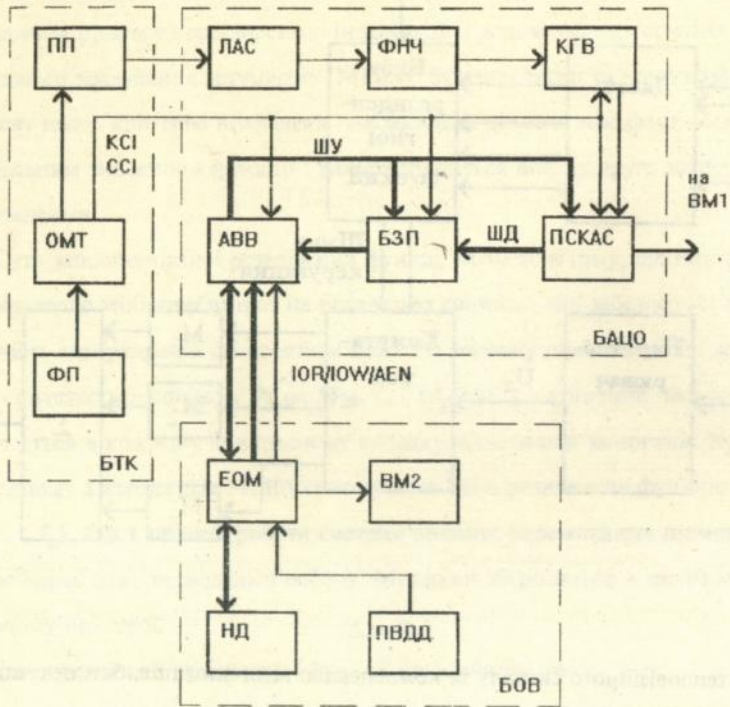


Рис.3.

- блок аналогової та цифрової обробки (БАЦО);

- блок обробки та візуалізації (БОВ) отриманої інформації.

БТК містить в собі:

- фотоприймач (ФП), в якості якого використовується фотодіод;

- оптико-механічний тракт (ОМТ), який містить в собі оптичну схему,

механізм розгортання і схеми формування імпульсів КСІ та ССІ;

- попередній підсилювач (ПП).

БАЦО містить в собі:

- лінеаризатор аналогового сигналу (ЛАС);

- фільтр низьких частот (ФНЧ);
- коректор геометричних викривлень (КГВ);
- пристрій стабілізації та компенсації похибки аналогового сигналу (ПСКАС);
- буферний запам'ятовуючий пристрій (БЗП);
- адаптер введення-виведення (АВВ) цифрової інформації.

БОВ містить:

- мікро-ЕОМ, сумісною з ЕОМ IBM PC;
- накопичувач даних (НД);
- відеомонітор (ВМ2);
- пристрій введення додаткових даних (ПВДД).

Блоки ЛАС, КГВ, ПСКАС належать безпосередньо до блоків підвищення точності вимірювань і є новими в порівнянні з аналогічними системами.

Розроблене програмне забезпечення за модульним принципом повністю виправдало своє призначення. Було виявлено можливості розширення програмного забезпечення з метою застосування функцій фільтрації та обробки теплових зображень надалі.

Апробація розроблених пристроїв проходила на об'єктах електроенергетики та медицини. При цьому була підтверджена адекватність математичних підмоделей для підвищення точності вимірювань температури. Перевірені конфігурація та технічні параметри блоків в структурі системи, які безпосередньо визначають рівень точності вимірювань температури.

В п'ятій главі відповідно до вибраних критеріїв проведена оцінка похибок розробленої системи. Зокрема, проведена оцінка значень двох найсуттєвіших характеристик тепловізійної системи: еквівалентної шуму різниці температур та опромінення, еквівалентного шуму.

Оцінка опромінення була проведена за формулою

$$E = \frac{\sqrt{S_{\text{пт}} \Delta f}}{S_p T^* \tau_{\text{опт}}} \quad (1)$$

де $S_{\text{пт}}$ - площа фоточутливого елемента;

Δf - електрична смуга пропускання системи $\Delta f = 150$ кГц;

S_p - площа вхідної зіниці $S_p = 66,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$;

T^* - виділена виявлювана спроможність;

$\tau_{\text{опт}}$ - коефіцієнт пропускання оптики системи.

Оцінку різниці температур виконано по співвідношенню

$$\Delta T_{\text{п}} = \frac{4d_f^2 \sqrt{\Delta f}}{D_p^2 \sqrt{S_{\text{пт}}} \tau_{\text{опт}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [d(dR/d\lambda)/dT] T^*(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

де $D_p = 9,2 \cdot 10^{-2}$ м - діаметр вхідної зіниці;

$d_f = 16,6 \cdot 10^{-2}$ м - фокусна відстань оптики.

Величини E та $\Delta T_{\text{п}}$ визначені відповідно:

$$E = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \quad (3)$$

$$\Delta T_{\text{п}} = 0,035 \text{ } ^\circ\text{К} \quad (4)$$

Для розробленої системи проведена оцінка похибок першого та другого родів, а також значення мінімального ризику для температури поверхні об'єкту. В якості закону розподілу, який описує випадкову величину температури поверхні діагностуемого об'єкту, в дисертаційній роботі було вибрано бета-розподіл. Бета-розподіл найбільш влучно характеризує фізику процесів, які впливають на величину цієї температури. В роботі розраховані похибки 1-го та 2-го родів, які відповідно дорівнюють 0,3971 та 0,5971. Також знайдено

оптимальне значення температури поверхні об'єкту на прикладі енергообладнання, яке дорівнює 328⁰К.

В роботі також проведена оцінка економічної ефективності від впровадження розробленої інформаційно-вимірювальної системи на підприємстві електричних мереж.

Основні результати, що отримані в дисертаційній роботі, такі:

1. Проведено послідовний аналіз існуючих методів та засобів підвищення точності тепловізійних вимірювань.

2. Розроблено математичну модель процесу перетворення інформації в засобах тепловізійної діагностики з метою підвищення точності вимірювань температури.

3. З допомогою комбінаторного та багаторядного алгоритмів методу групового врахування аргументів синтезовані оптимальні математичні підмоделі, що забезпечують необхідний рівень точності вимірювань інформаційного параметру в кожному конкретному випадку. Запропоновано резидентну функцію взаємодії математичних підмоделей в комплексній тепловізійній інформаційно-вимірювальній системі та вироблено новий критерій оцінки якості моделювання за МГВА.

4. Проведено синтез та реалізацію алгоритмів підвищення точності дистанційного вимірювання температури.

5. З допомогою математичного апарату секвенцій синтезовані оптимальні схеми керування усіма блоками тепловізійної інформаційно-вимірювальної системи.

6. Виконано технічну реалізацію розробленої системи для різних умов впровадження: енергетика, медицина та навчальний процес.

Підсумкові висновки, що випливають з наукового дослідження такі:

1. Існуючі методи та засоби тепловізійних вимірювань забезпечують чи тільки якісну оцінку температурних полів, чи надто складні та коштовні для кількісних оцінок

2. Для підвищення точності тепловізійних вимірювань в нових системах діагностики треба використовувати "резидентну функцію" та сімейство розроблених математичних підмоделей, які забезпечують вимагаємий рівень точності вимірювань.

3. Для оцінки якості моделювання за МГВА треба використовувати максимальну різницю між модельним та дійсним значенням, як друге зовнішнє доповнення.

4. Для підвищення точності тепловізійних вимірювань треба використовувати розроблені схеми апаратних засобів, а також розроблене програмне забезпечення тепловізійної системи.

Основні наслідки досліджень за темою дисертаційної роботи відображені в друкованих працях:

1. Яблочніков С.Л., Завальнюк Є.А. Застосування алгоритму резидентної функції до засобу групового врахування аргументів// Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 1994.- N 1(2).- С.31-33.

2. Завальнюк Є.А., Яблочніков С.Л. Программные средства для обработки тепловизионной информации// Науково-технічна конференція СНД "Контроль и управление в технических системах" - Тез. доп.- Вінниця, 1992.- С.132-133.

3. Завальнюк Є.А., Яблочніков С.Л., Селецький В.В. Методы и средства повышения точности измерения температурных полей// Науково-технічна конференція СНД "Контроль и управление в технических системах".-Тез. доп.- Вінниця, 1992.- С.179-180.

4. Завальнюк Є.А., Яблочніков С.Л. Передвижная лаборатория для диагностики устройств тягового электроснабжения железных дорог// Республиканська школа-семинар "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте".- Тез. доп. -Київ, 1992.- С.33-34.

5. Завальнюк Є.А., Мокін Б.І., Яблочніков С.Л. Тепловизионный метод контроля изделий радиоэлектронной аппаратуры// Науково-технічна кон-

ференція с міжнародною участю "Приборостроение - 92".- Тез. доп.- Вінниця-Керч, 1992.- С.39-40.

6. Мокін Б.І., Яблочніков С.Л., Завальнюк Є.А., Селецький В.В. Коррекция геометрических искажений в тепловизорах на основе ПЗС-структур// 4 Науково-технічна конференція з міжнародною участю "Приборы с зарядовой связью и системы на их основе".- Тез. доп. -Геленджик, 1992.- С.88-89.

7. Разработка комплекса аппаратных и программных средств для передвижной тепловизионной диагностической лаборатории: Звіт з науково-дослідної роботи/ Вінницький державний технічний університет.- № 0193У007162; Інв. № 0293U001004.- Вінниця, 1992.-53с.

8. Мокін Б.І., Яблочніков С.Л., Завальнюк Є.А., Мірошник В.І. Комплекс аппаратуры для диагностики высоковольтного оборудования// IV Республіканська науково-технічна конференція "Устройство преобразования информации для контроля и управления в энергетике".- Тез. доп.- Харьков, 1992.- С.47-48.

9. B.I.Mokin, S.L.Yablochnikov, E.A.Zavalnjuk, V.V.Seletsky// The Mobile Thermovisual Diagnostic Laboratory. Proceedings of the Second International Seminar "Measurement System and Networks". -Gliwice, 1992.-P.133-136.

10. S.L.Yablochnikov, E.A.Zavalnjuk // Thermovisual System for Qualitative Control of Electronic Products. SPIE Proceedings, Vol. 21-13, 1993.-P.122-128.

Автор висловлює подяку к.т.н., доценту Яблочнікову С.Л. за велику допомогу при вирішенні багатьох задач в дисертаційній роботі.

Zavalnjuk E.A. Methods and means for the increase of accuracy in the course of thermovisual measurements in diagnostic tasks.

Thesis for obtaining of Candidate's degree of Science on speciality 05.11.16 - informational-measuring systems (in science and industry), Vinnytsya State Technical University, Vinnytsya, 1994.

454254

- 20 - АВ 31.022

АВ 31.022

10 scientific publications are proposed, which contain theoretical and experimental researches concerning the increasing of accuracy of thermovisual measurements in diagnostic tasks. It is established, that existing methods and means of thermovisual measurements provide either only qualitative estimation of temperature fields or they are too complicated and expensive for quantitative estimations of such fields with preset accuracy. In order to increase the accuracy of thermovisual measurements it is necessary to use the Residential Function and family of synthesized mathematical submodels by means of Group Method Data Handling. The proposed informational-measuring system has been applied in industry.

Завальнюк Е.А. Методы и средства повышения точности тепловизионных измерений в задачах диагностики.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 - информационно-измерительные системы (в науке и промышленности), Винницкий гос. технический ун-т, Винница, 1994.

Защищается 10 научных работ, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования повышения точности тепловизионных измерений в задачах диагностики. Установлено, что существующие методы и средства тепловизионных измерений обеспечивают либо только качественную оценку температурных полей, либо слишком сложны и дорогостоящи для количественных оценок таких полей с заданной точностью. Для повышения точности тепловизионных измерений следует использовать "резидентную функцию" и семейство синтезированных математических подмоделей с использованием метода группового учета аргументов. Осуществлено промышленное внедрение предложенной тепловизионной информационно-измерительной системы.

Ключові слова:

діагностика, тепловізійні вимірювання, температура, точність, модель, метод групового врахування аргументів, інформаційно-вимірювальна система.

Підписано до друку 26.09.94р.

ВДТУ СКТБ "Модуль", 286021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95