

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
кафедра автоматизованих систем
моніторингу навколишнього
середовища

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Розробка пірометричного датчика сигналізації

Виконала студентка 6 курсу МК-62
спеціальності 8.05010105
«Комп'ютерний еколого - економічний
моніторинг»
Долінська Людмила Василівна

Керівник д. ф.-м.н., проф.
Ковальчук Володимир Володимирович

Рецензент д.т.н, проф.
Квасніков Володимир Павлович

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра інформаційних технологій

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність

122 Комп'ютерні науки і технології та інформаційні технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища
к.т.н., доц.Перелигін Б.В.**

«_____» _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Долінська Людмила Василівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: РОЗРОБКА ПІРОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА СИГНАЛІЗАЦІЇ
керівник роботи Ковальчук Володимир Володимирович, д.ф.м.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“___” _____ 20__ року №___

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи: Розробка пірометричного датчика сигналізації

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Розробити фізичну модель пірометричного датчика сигналізації.

4.2. Розробити алгоритм реалізації фізичної моделі.

4.3. Виокремити та проаналізувати програмне забезпечення та алгоритм у середовищі візуальної розробки додатків Visual C++ v7.0.

4.4. Розробити блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення мікроконтролера

4.5. Провести перевірку адекватності фізичної моделі розрахунковим даним.

4.6. Провести розробку метрологічного забезпечення датчика сигналізації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Структурна схема пірометричного датчика пожежної сигналізації

5.2. Конструкція оптичної частини датчика

5.3. Структурна схема пірометричного датчика пожежної сигналізації з мікроконтролерним блоком

5.4. Структурна схема блоку обробки

5.5. Блок-схема алгоритму роботи ПЗ мікроконтролера

5.6. Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення ПЗВМ

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Розробити фізичну модель пірометричного датчика сигналізації			
2	Розробити алгоритм реалізації фізичної моделі			
3	Виокремити та проаналізувати програмне забезпечення та алгоритм у середовищі візуальної розробки додатків у середовищі Visual C++ v7.0.			
4	Провести перевірку адекватності фізичної моделі розрахунковим даним			
5	Підготувати доповідь на науково-практичну Конференцію молодих вчених ОДЕКУ			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

	Зміст	стор.
	ВСТУП.....	7
1	АНАЛІЗ ПІРОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИН.....	8
	1.1 Безконтактне вимірювання температури.....	8
	1.1.1 Датчики часткового випромінювання.....	9
	1.1.2 Датчики спектрального відношення.....	12
	1.1.3 Датчики сумарного випромінювання.....	13
	1.2 Найпоширеніші сучасні пірометричні датчики.....	15
	1.2.1 Інфрачервоний піроелектричний SMD датчик Murata IRS -A200ST01.....	15
	1.2.2 Інфрачервоні піроелектричні датчики Murata серії IRA-E714...	16
	1.2.3 Компенсовані піроелектричні датчики Murata серії IRA-E4201..	17
	1.2.4 Піроелектричні датчики фірми Banner Engineering серії M18....	19
	1.2.5 Обґрунтування способу побудови функціональної схеми пристрою	21
	1.3 Види пірометричних перетворювачів та порядок їх використання...	27
	1.3.1 Пристрій і принцип дії перетворювачів.....	31
2	РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПІРОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	34
	2.1 Методика впровадження датчиків пірометричного ефекту на виробничі ділянки.....	34
	2.1.1 Розробка пристрою пірометричного датчика пожежної сигналізації.....	37
	2.1.2 Розрахунок економічної доцільності застосування пірометричних засобів пожежобезпеки на підприємствах.....	52
	2.2 Розрахунок економічної доцільності застосування пірометричних засобів пожежобезпеки на підприємствах.....	59
3	МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІРОМЕТРИЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.....	66

3.1 Загальні технічні вимоги до пірометричних засобів вимірювання.....	66
3.2 Методика атестації та повірка пірометричних перетворювачів.....	72
3.3 Повірка та калібрування пірометрів.....	79
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	90
ДОДАТКИ.....	91
Додаток А Графічна частина магістерської роботи.....	93
Додаток Б Протокол Повірки Пірометра.....	95
Додаток В Список нормативних документів.....	97

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПДТ - пірометричний датчик температури

ПЗ - програмне забезпечення

ІЧВ - інфрачервоне випромінювання

СВ – датчик сумарного випромінювання

ЧВ – датчик часткового випромінювання

БФ – блок функціональний

БЖ – блок живлення

ПП – посередкований перетворювач

ПЗЗ – пристрій зарядового зв'язку

МНС - моніторинг навколишнього середовища

ГТІ – генератор тактових імпульсів

КНЗЗ – коефіцієнт негативного зворотного зв'язку

ГТІ - генератора тактових імпульсів

ЧЕ – чутливий елемент

ТОП – термометри опору платинові

ТКЕО - температурний коефіцієнт електричного опору

ПКС - плівкова кластеризована структура

ВС – вимірювальна система

КВТП - кварцовий вимірювач товщини плівки

ОС – операційна система

ВСТУП

Сьогодні, вимірювання тих чи інших фізико-хімічних величин будь-якого процесу, дозволяє не лише отримати кількісні показники, але і відкриває нові можливості щодо проведення процедури моделювання. Саме це є однією з найважливіших та актуальних задач сучасної метрології.

Між іншим, саме температура, як фізична величина, є одним з тих параметрів стану речовини, що дозволяє контролювати протікання виробничих процесів різного типу. Контактні методи вимірювання температури (за допомогою термометрів), не завжди ефективні. Труднощі тут пов'язані з вибором матеріалу для чутливого елемента, вибором ізоляційних матеріалів для електричних термометрів тощо. Похибки, що виникають у процесі контактного вимірювання, пов'язані, як правило, з поганим тепловим контактом, сторонніми тепловими впливами та іншими збурюючими факторами.

Отже, розробка приладів, які дозволяють обійти ці труднощі, і провести вимірювання температури без прямої дії температури на конструкційні матеріали вимірювального приладу (безконтактно), є досить актуальною науково-інженерною задачею.

У такому контексті, мета магістерської роботи полягала у проведенні досліджень принципу роботи безконтактних вимірювачів, зокрема, пірометричних датчиків – вимірювачів температури (далі - ПДТ), а також програмного забезпечення (ПЗ) обробки результатів вимірювання температури. Виходячи з мети, були сформульовані наступні задачі дослідження: проаналізувати принцип дії існуючих, на сьогодні, ПДТ; провести порівняльний аналіз технічних даних та структури ПДТ інфрачервоного випромінювання (далі - ІЧВ) для дистанційного контролю та вимірювання температури; провести аналіз ПЗ роботи ПДТ ІЧВ; розробити датчик сигналізації на основі пірометричного ефекту; виокремити правила оформлення технічної документації на цей вид пристрою, зокрема, ПЗ щодо обробки отриманих даних вимірювання.

1 АНАЛІЗ ПРОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИН

1.1 Безконтактне вимірювання температури

Про температуру нагрітого тіла можна судити на підставі виміру параметрів його теплового випромінювання, що є електромагнітними хвилями різної довжини. Чим вище температура тіла, тим більше енергії воно випромінює. Датчики, дія яких заснована на вимірі теплового випромінювання, називають пірометричними сенсорами. Одним з головних достоїнств цих пристроїв є відсутність впливу вимірника на температурне поле нагрітого тіла, оскільки в процесі виміру вони не вступають в безпосередній контакт один з одним. Тому ці методи дістали назву безконтактних.

На підставі законів випромінювання розроблені датчики наступних типів :

- датчик сумарного випромінювання (СВ) - вимірюється повна енергія випромінювання;
- датчик часткового випромінювання (ЧВ) - вимірюється енергія в обмеженому фільтром (чи приймачем) ділянки спектру;
- датчики спектрального відношення (СВ) - вимірюється відношення енергії фіксованих ділянок спектру.

Залежно від типу датчика розрізняється радіаційна, яскравісна, колірна температури.

Радіаційною температурою реального тіла T_p називають температуру, при якій повна потужність АЧТ дорівнює повній енергії випромінювання цього тіла при дійсній температурі T_d . Яскравісною температурою реального тіла T_j називають температуру, при якій щільність потоку спектрального випромінювання АЧТ дорівнює щільності потоку спектрального випромінювання реального тіла для тієї ж довжини хвилі (чи вузького інтервалу спектру) при дійсній температурі T_d . Колірною температурою реального тіла

T_c називають температуру, при якій відношення щільності потоків випромінювання АЧТ для двох довжин хвиль λ_1 і λ_2 дорівнює відношенню щільності потоків випромінювань реального тіла для тих же довжин хвиль при дійсній температурі T_d .

1.1.1 Датчики часткового випромінювання

До цього типу датчиків, що вимірюють яскравісну температуру об'єкту, відносяться монохроматичні оптичні пірометри і фотоелектричні пірометри, що вимірюють енергію потоку у вузькому діапазоні довжин хвиль.

Принцип дії оптичних датчиків заснований на використанні залежності щільності потоку монохроматичного випромінювання від температури. На рис. 1.1 представлена схема оптичного пірометра з "зникаючою" ниткою, принцип дії якого заснований на порівнянні яскравості об'єкту виміру і градуйованого джерела випромінювання в певній довжині хвилі.

Зображення випромінювача 1 лінзою 2 і діафрагмою 4 об'єктива пірометра фокусується в площині нитки розжарення лампи 5. Оператор через діафрагму 6 лінзу 8 окуляра і червоний світлофільтр 7 на тлі розжареного тіла бачить нить лампи. Переміщаючи движок реостата 11, оператор змінює силу струму, що проходить через лампу, і домагається зрівнювання яскравості нитки і яскравості випромінювача. Якщо яскравість нитки менше яскравості тіла, то вона на його фоні виглядає чорною смужкою, при більшій температурі нитки вона виглядатиме, як світла дуга на темнішому фоні.

При рівності яскравості випромінювача і нитки остання "зникає" з поля зору оператора. Цей момент свідчить про рівність яскравісних температур об'єкту виміру і нитки лампи.

Живлення лампи здійснюється за допомогою батареї 10. Прилад 9, фіксувальний силу струму, що протікає у вимірювальному ланцюзі, проградуйований в значеннях залежності між силою струму і яскравісною температурою АЧТ, що дозволяє виробляти прочитування результату в °С.

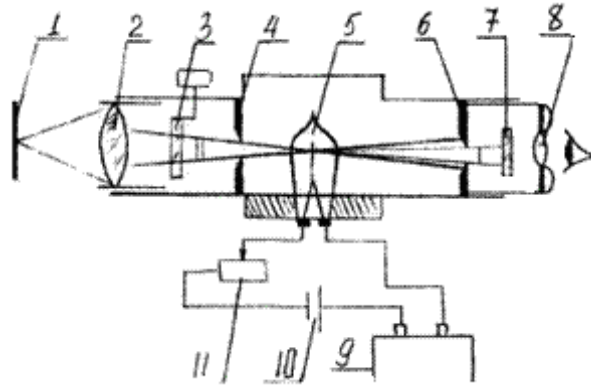


Рисунок 1.1 - Оптичний датчик теплового випромінювання

Фотоелектричні датчики часткового випромінювання забезпечують безперервне автоматичне виміри і реєстрацію температури. Їх принцип дії засновано на використанні залежності інтенсивності випромінювання від температури у вузькому інтервалі довжин хвиль спектру. Як приймачі в цих пристроях використовуються фотодіоди, фотоопори, фотоелементи і фотопомножувачі.

Фотоелектричні датчики часткового випромінювання діляться на дві групи:

- в яких мірою температури об'єкту є безпосередньо величина потоку приймача випромінювання;
- які містять стабільне джерело випромінювання, при чому фотоприймач служить лише індикатором рівності яскравостей цього джерела і об'єкту.

На рис. 1.2 приведена схема фотоелектричного датчика, що відноситься до другої групи. У ньому як приймач випромінювання застосовується фотоелемент. Потік від випромінювача 1 лінзою 2 і діафрагмою 3 об'єктиви фокусується на отворі 7 в утримувачі світлофільтру 5 так, щоб зображення візованої ділянки поверхні випромінювача перекривало цей отвір. В цьому випадку величина світлового потоку, що падає на катод фотоелемента 6, розташованого за світлофільтром, визначається яскравістю випромінювача, тобто його температурою.

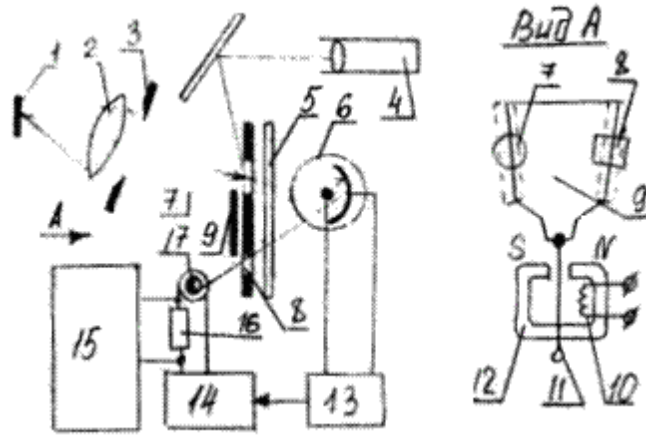


Рисунок 1.2 - Фотоелектричний датчик теплового випромінювання

У утримувачі світлофільтру розташований ще один отвір 8, через яке на фотоелемент потрапляє потік від лампи зворотного зв'язку 17. Світлові потоки від випромінювача 1 і лампи 17 подаються на катод поперемінно з частотою 50 Гц, що забезпечується за допомогою вібруючої заслонки 9, зворотно-поступальний рух заслонки забезпечується за допомогою котушки збудження 10 і постійного магніта 12. У вібраторі відбувається перемагнічування сталевого якоря 11, який з частотою 50 Гц по черзі притягується полюсами магніта 12 і переміщає заслонку 9. При відмінності світлових потоків випромінювача 1 і лампи 17 в струмі фотоелемента з'явиться змінна що становить, має частоту 50 Гц і амплітуду, пропорційну різниці цих потоків. Підсилювач 13 забезпечує посилення змінної складовою, а фазовий детектор 14 наступне її випрямлення. Отриманий вихідний сигнал подається на лампу, що викликає зміну сили струму розжарювання. Це відбуватиметься до тих пір, поки на катоді фотоелемента світлові потоки від двох джерел не зрівняються. Отже, струм лампи зворотного зв'язку однозначно пов'язаний з яскравісною температурою об'єкту виміру.

У ланцюг лампи 17 включений опір, що калібрується, 16, падіння на-

пруги на якому пропорційно силі струму і вимірюється швидкодіючим потенціометром 15, забезпеченим температурною шкалою. Окуляр 4 забезпечує наведення пристрою на об'єкт виміру.

1.1.2 Датчики спектрального відношення

Датчики цього типу вимірюють колірну температуру об'єкту по відношенню інтенсивностей випромінювання в двох певних ділянках спектру, кожна з яких характеризується ефективною довжиною хвилі λ_1 і λ_2 .

На рис. 1.3 приведена схема двоканального датчика спектрального відношення (СВ), в якому перетворення енергії отримання в електричні сигнали виробляється за допомогою двох кремнієвих фотодіодів. Поток випромінювання від об'єкту виміру 1 за допомогою оптичної системи, що складається з лінз 2, апертурної і польової діафрагми 3, передається на інтерференційний світлофільтр 4. Останній забезпечує виділення двох потоків, кожен з яких характеризується власним спектром. Ці потоки потрапляють на кремнієві фотодіоди 7, які перетворюють випромінювання у фотострум, що протікає через опір R1 і R2, включені у вимірювальну схему вторинного реєструючого приладу, - логометра. Різниця падінь напруги на опорах подається на вхід підсилювача 5, вихідний сигнал якого поступає на реверсивний двигун 6, переміщуючий движок реохорда R2 і стрілку відносно шкали настання балансу, відповідного вимірюваній температурі.

Інтерференційний фільтр 4 є напівпрозорим дзеркалом, що має високий коефіцієнт пропускання в одній і високий коефіцієнт віддзеркалення в іншій області спектру. Дзеркало 8 і окуляр 9 забезпечують візуальне наведення об'єктиву пірометра на об'єкт виміру. Для зменшення похибки від впливу навколишньої температури фільтр 4 і приймачі випромінювання 7 поміщені в термостат.

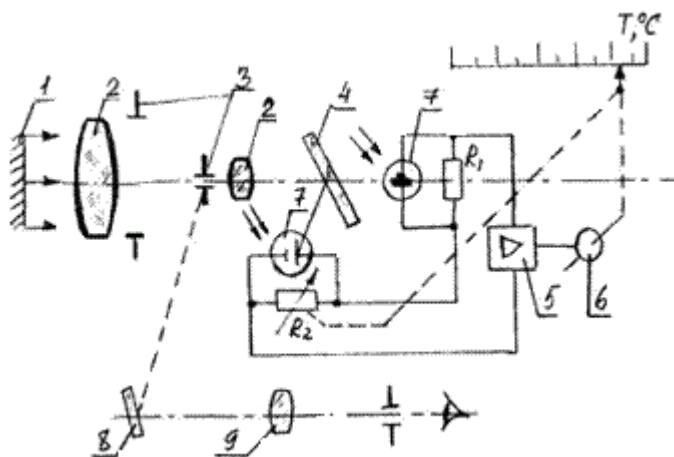


Рисунок 1.3 - Датчик спектрального відношення теплового випромінювання

1.1.3 Датчики сумарного випромінювання

Датчики сумарного випромінювання вимірюють радіаційну температуру тіла, тому їх часто називають радіаційними. Принцип дії цих вимірників температури заснований на використанні закону Стефана-Больцмана. Проте у разі застосування оптичних систем в СВ визначення температури ведеться по щільності інтегрального випромінювання не в усьому інтервалі довжин хвиль, а значно меншому: для скла робочий спектральний діапазон складає 0,4 - 2,5, а для плавленого кварцу 0,4 - 4 мкм.

Датчик виконується у вигляді телескопа, лінза об'єктиву якого фокусується на термочутливому приймачі випромінювання нагрітого тіла. Як термочутливий елемент використовуються термопари, термобатарей, болометри (металеві і напівпровідникові), біметалічні спіралі і тому подібне

Найширше застосовуються термобатарей (рис. 1.4, а), в яких використовується 6-10 мініатюрних термопар (наприклад, хромель-копелевые), сполучених послідовно. Поток випромінювання потрапляє на розклепані у вигляді тонких зачорнених пелюсток робочі кінці 4 термопар 2. Вільні кінці термопар

приварюються до тонких пластинок 1, закріпленим на слюдяному кільці 3. Металеві виводи 5 служать для приєднання до вимірювального приладу, як якості яких зазвичай використовуються потенціометри або мілівольтметри. Робочі кінці термопар поглинають енергію, що падає, і нагріваються. Вільні кінці знаходяться поза зоною потоку випромінювання і мають температуру корпусу телескопа. В результаті виникнення перепаду температур термобатарея розвиває ТЕРМО-ЕРС, пропорційну температурі робочих спаїв, а отже, і температурі об'єкту виміру.

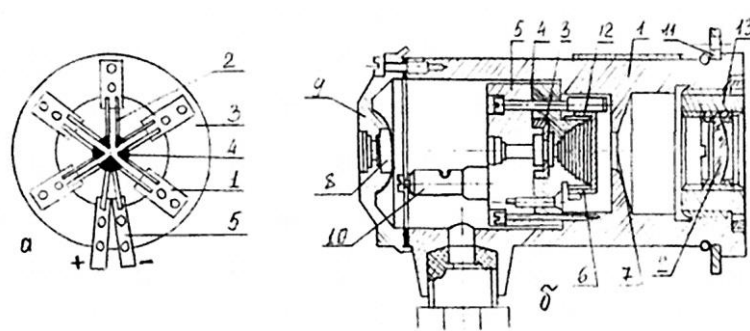


Рисунок 1.4 - Датчик сумарного теплового випромінювання

На (рис. 1.4, б) показаний пристрій телескопа СВ. Він включає: корпус 1 з діафрагмою 7; об'єктив, що має скляну або кварцеву лінзу 2, встановлювану у втулці 13, угвинчуваною в корпус; блок термобатареї, що складається з самої термобатареї 3, корпуси 5, відростка, на який нагвинчує рухлива діафрагма 6, і контактних гвинтів 10; компенсаційний мідний опір 4, що шунтує термобатарею і забезпечує зменшення впливу вимірів температури телескопа на свідчення пірометра; окуляр, що включає лінзу 8 і захисне скло 9. Фланець 11 служить для кріплення корпусу до захисної арматури, що забезпечує роботу пірометра в тяжких умовах металургійного виробництва.

Отримання стандартного градування забезпечується переміщенням діафрагми 6, зубчастий вінець якої з'єднаний із зубами трубки 12. Діафрагма, що встановлюється в телескопі, обмежує тілесний кут візування, що виключає вплив на свідчення розмірів випромінювача і його відстані від датчика. При

цьому на термобатарейо потрапляє випромінювання тільки з певної невеликої ділянки об'єкту виміру. Розміри цієї ділянки визначаються по показнику візування, який є відношенням найменшого діаметру випромінювача до відстані від об'єкту виміру до об'єктиву телескопа. При цьому зображення круга, вписаного у випромінювач, повністю перекриває отвір діафрагми б, що знаходиться перед термобатарейою.

Телескопи з показником візування більше 1/16 є ширококутними, а з показником, рівним або меншим 1/16, - узкоугольними. При вимірі температури в схему пірометра між телескопом і вторинним приладом (мілівольтметром або потенціометром) включається панель зрівняльних і еквівалентних опорів. Вона забезпечує постійне навантаження телескопа при роботі з одним або двома вторинними приладами, а також заміну телескопа одного градування на телескоп іншого градування.

1.2 Найпоширеніші сучасні пірометричні датчики

У наш час випускається безліч різних пірометричних датчиків. Розглянемо деякі з них.

Піроелектричні інфрачервоні чутливі елементи фірми Murata, мають високу чутливість і надійне виконання, можливі завдяки керамічній і пакувальній технології Murata, яка розвивалася багато років.

Особливості датчиків :

- висока чутливість і чудове співвідношення З/Ш;
- висока стабільність до температурних змін;
- висока несприйнятність до зовнішньої перешкоди;

1.2.1 Інфрачервоний піроелектричний SMD датчик Murata IRS - A200ST01

Схема підключення і габаритні характеристики SMD датчика IRS -

A200ST01 приведені на рис. 1.5.

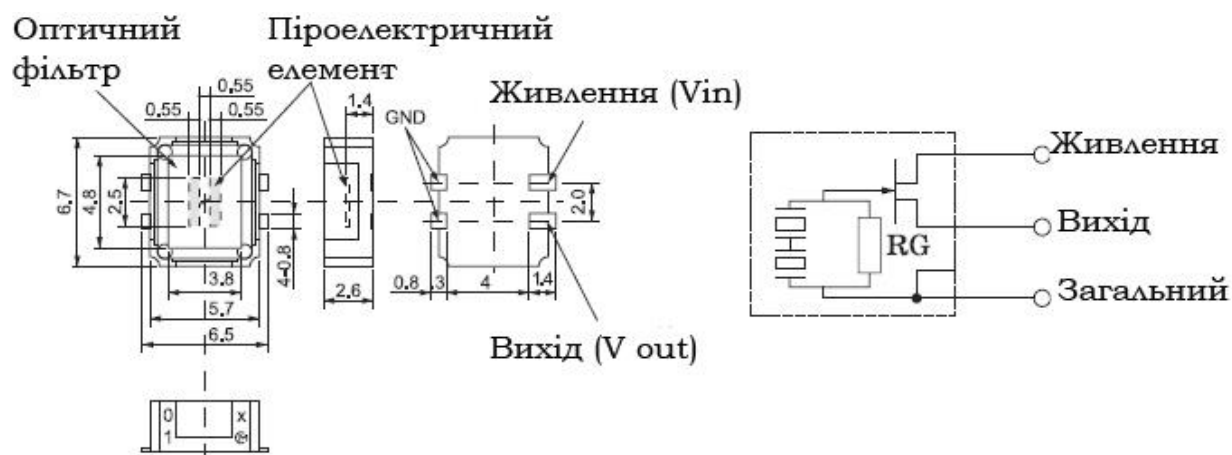


Рисунок 1.5 - Габаритні розміри і електрична схема сенсора

Основні характеристики датчика IRS - A200ST01:

Типова чутливість 3.8 мВ (розмах напруги на виході сенсора при перериванні випромінювання абсолютно чорного тіла з температурою 227 °З, що знаходиться від нього на відстані 140 мм);

- кут огляду 50°;
- напруга живлення від 2 до 15 В;
- розміри фоточутливих елементів 2.5×0.55 мм;
- діапазон робочих температур від - 40 до 70 °З;
- температура зберігання від - 40 до 85 °З;
- можлива пайка оплавленням при температурах до 240°С;
- оптичний фільтр 5 мкм;

1.2.2 Інфрачервоні піроелектричні датчики Murata серії IRA - E7

Схема підключення і габаритні характеристики датчиків Murata IRA - E700ST0 і IRA - E710ST0 приведені на рис. 1.6.

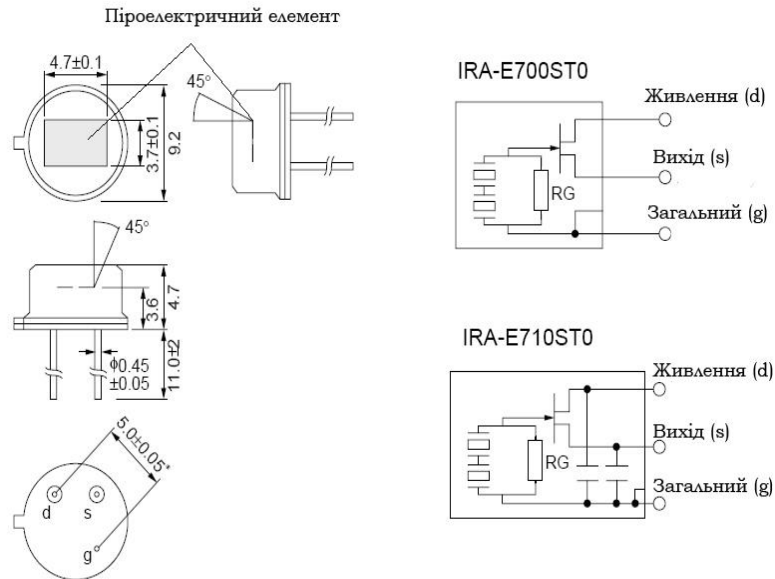


Рисунок 1.6 - Габаритні розміри і електричні схеми сенсорів

Основні характеристики датчиків серії IRA - E7:

- типова чутливість 4.3 мВ;
- кут огляду 45°;
- напруга живлення від 2 до 15 В;
- розміри фоточутливих елементів 2×1 мм;
- діапазон робочих температур від - 40 до 70 °З;
- оптичний фільтр 5 мкм;
- температура зберігання від - 40 до 85 °З;
- габаритні розміри 9.2×9.2×4.7 мм.

1.2.3 Компенсовані інфрачервоні піроелектричні датчики Murata серії IRA - E420

Схема підключення і габаритні характеристики датчиків Murata IRA - E420S1, IRA - E420QW1 і IRA - E420SW1 приведені на рис. 1.7.

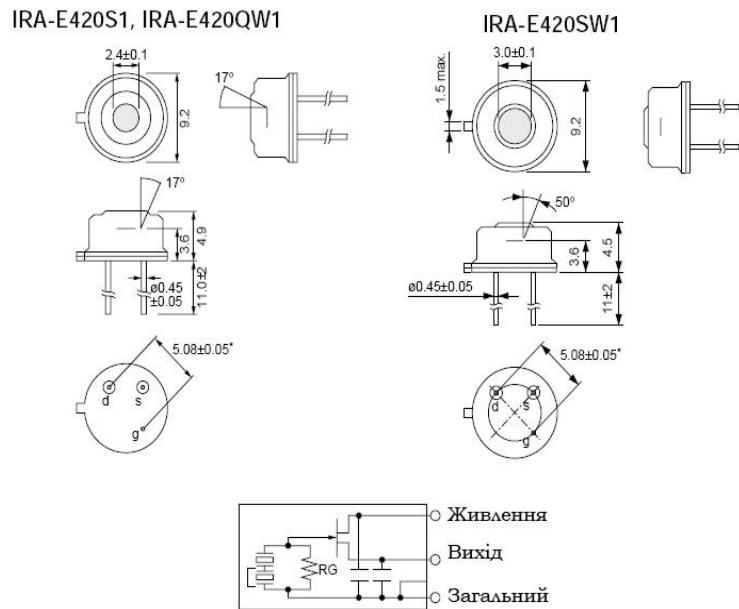


Рисунок 1.7 - Габаритні розміри і електричні схеми сенсорів

Основні характеристики датчиків серії IRA - E420 приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики датчиків серії IRA - E420

Характеристика	IRA E420S1	IRA E420QW1	IRA E420SW1
Типова чутливість	3,4 мВ	1,3 мВ	0,045 мВ
Кут огляду	17°		50°
Напруга живлення	3.15 У		
Діапазон робочих температур	-- 25,70 °З	-- 25,55 °З	-- 25,70 °З
Температура зберігання	-- 30.100 °З		
Габаритні розміри	9,2×9,2×4,9 мм		9,2×9,2×4,5 мм
Оптичний фільтр	1.15 мкм	4.3 мкм	4.45 мкм

1.2.4 Піроелектричні датчики фірми Banner Engineering серії M18.

Основні характеристики датчиків Banner Engineering серії M18 приведені в таблиці 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 Основні характеристики датчиків серії M18

Модель	З'єднання	Відношення відстань/розмір вікна	Чутлива поверхня
M18TUR8	Кабель	8:1	Вбудовані лінзи
M18TUR6E	Кабель	6:1	Закрита пластикова поверхня
M18TUR14	Кабель	14:1	Германієві лінзи
M18TUR8Q	Роз'єм	8:1	Вбудовані лінзи
Модель	З'єднання	Відношення відстань/розмір вікна	Чутлива поверхня
M18TUR6EQ	Роз'єм	6:1	Закрита пластикова поверхня
M18TUR14Q	Роз'єм	14:1	Германієві лінзи

Таблиця 1.3 – Характеристики датчиків серії M18 з аналоговим виходом

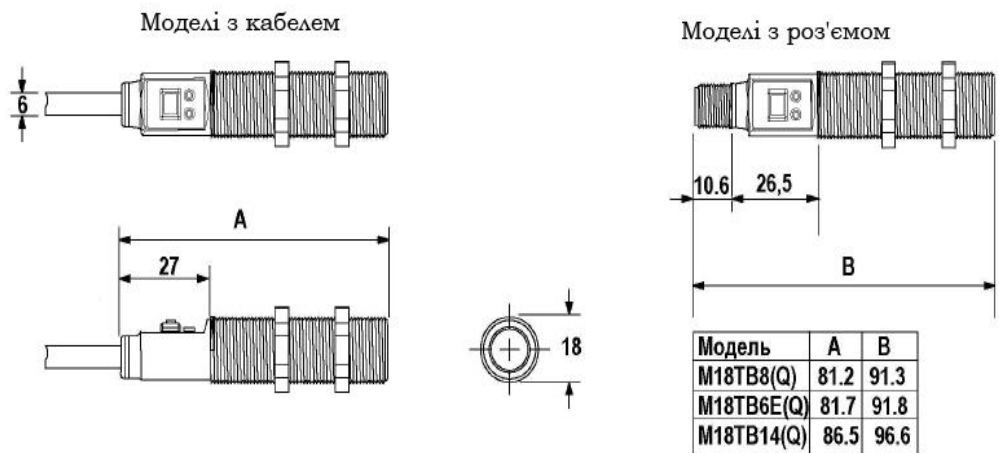
Діапазон вимірюваних температур, °C	00.300
Довжина хвилі, нм	8.14
Програмовані функції	навчання
Вихід, В	0..0,10 DC
Лінійність, °C	± 2 (0.50 °C) ±1 (50.300 °C)
Повторюваність	± 1%
Напруга живлення, В	12,30 DC
Споживаний струм, мА	< 35

Мінімальний опір на виході, кОм	2,5
Захист від короткого замикання	є

Продовження таблиці 1.3 - Характеристики датчиків серії M18 з аналоговим виходом

Струм витоку, мкА	< 10
Час відгуку, мс	75
Готовність до роботи після включення, з	1,5
Мінімальний опір входу навчання, кОм	3
Час прогрівання, мін	5
Температура довкілля, °С	-- 20,70
Матеріал корпусу	Нерж. сталь, пластик, акрил.
З'єднання	Роз'єм M12×1 5pin Кабель 2м 5-ти ж.

Схема підключення і габаритні характеристики датчиків Banner Engineering серії M18 приведені на рис. 1.8.



Габаритне креслення

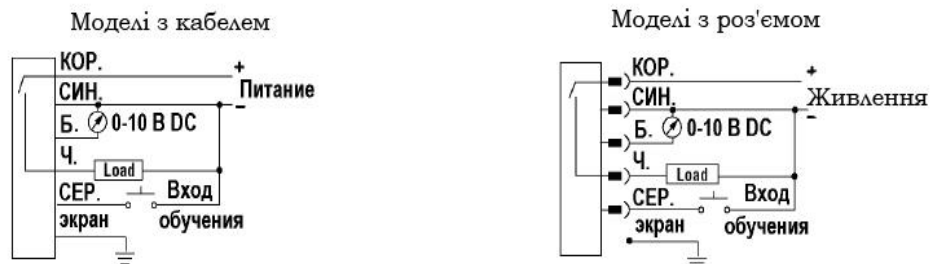


Схема під'єднання

Рисунок 1.8 - Габаритні розміри і схема підключення сенсорів

1.2.5 Обґрунтування способу побудови функціональної схеми пристрою

У основі цього пристрою лежить пірометричний датчик, який перетворює теплове випромінювання об'єкту, що є електромагнітними хвилями різної довжини, в електричну напругу. Таким чином даний пристрій повинен забезпечити перетворення напруги з виходу датчика у відповідне значення температури і відображення його на індикаторі. Використовуємо датчик фірми Banner Engineering M18TUP14Q. Залежність вихідної напруги від датчика M18TUP14Q від температури об'єкту наведено на рис. 1.9. Цей датчик має лінійність 2 в діапазоні 0,50 °C і 1 в діапазоні 50,300 °C.

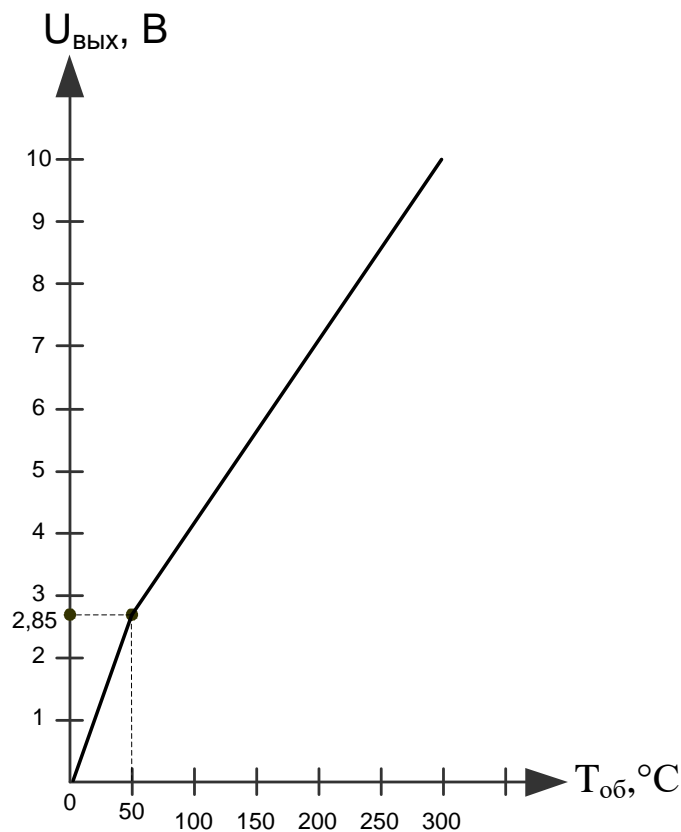
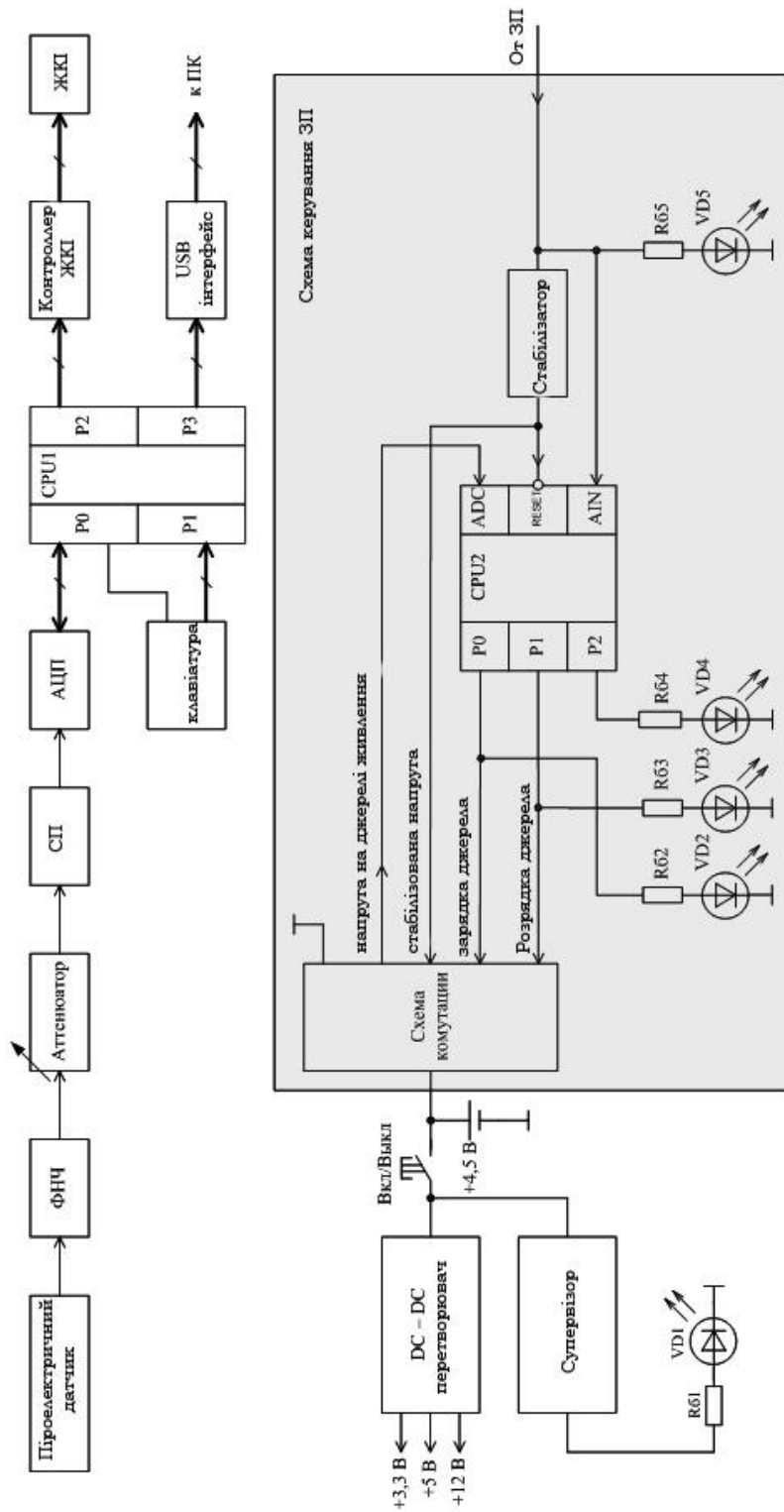


Рисунок 1.9 - Залежність напруги на виході датчика від температури

об'єкту

Функціональна схема пристрою для виміру температури у видалених точках приведена на рис. 1.10.

Пристрій для виміру температури у видалених точках призначений для безконтактного виміру температури об'єктів, що знаходяться на відстані.



Розглянемо функціонування схеми пристрою.

З виходу піроелектричного датчика напруга відповідна температурі об'єкту поступає на ФНЧ, який призначений для фільтрації перешкод. З виходу ФНЧ сигнал поступає на аттенюатор, за допомогою якого виконується

Рисунок - 1.10 Функціональна схема пристрою

калібрування пристрою шляхом зміни коефіцієнта передачі. Далі сигнал поступає на погоджуючий пристрій (СП), що призначений для підключення датчика до АЦП. З виходу АЦП сигнал поступає на вхід мікроконтролера (CPU1). Мікроконтролер здійснює перерахунок коду відповідного вихідній напрузі датчика в температуру об'єкту.

Розглянемо алгоритм роботи мікроконтролера (CPU1). Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера (МК) приведена на рис. 1.11. При натисненні кнопки "Вимір" на клавіатурі підключеної до порту P1, МК через P0 перевіряє наявність сигналу готовності АЦП. При вступі сигналу в готовність, в акумулятор МК записується код з порту P0. Далі МК виробляє процедуру порівняння утримуваного акумулятора А з кодом відповідним напрузі на виході датчика, при температурі об'єкту 50 °С. Залежно від результату порівняння в регістр МК Rn записуються відповідні значення T_1 , T_2 , U_1 і U_2 . Де значення T_1 і T_2 відповідають крайнім значенням температури лінійної ділянки характеристики датчика, а U_1 і U_2 - значення коду, відповідного температурі об'єкту T_1 і T_2 . У випадку, позитивного результату порівняння $T_1=0$ °С і $T_2=50$ °С. У випадку, негативного результату порівняння $T_1=50$ °С і $T_2=300$ °С. Далі МК перераховує значення коду отриманого з АЦП в значення температури об'єкту по формулі

$$T_i = (U_i - U_1) / (U_2 - U_1) \cdot (T_2 - T_1) + T_1; \quad (1.1)$$

де U_i - значення коду отриманого з АЦП;

T_i - температура об'єкту.

Далі код відповідний значенню температури об'єкту через порти P2 і P3 надходить на схему управління ЖКІ і інтерфейс USB. Таким чином інформація про температуру об'єкту поступає на відображення.

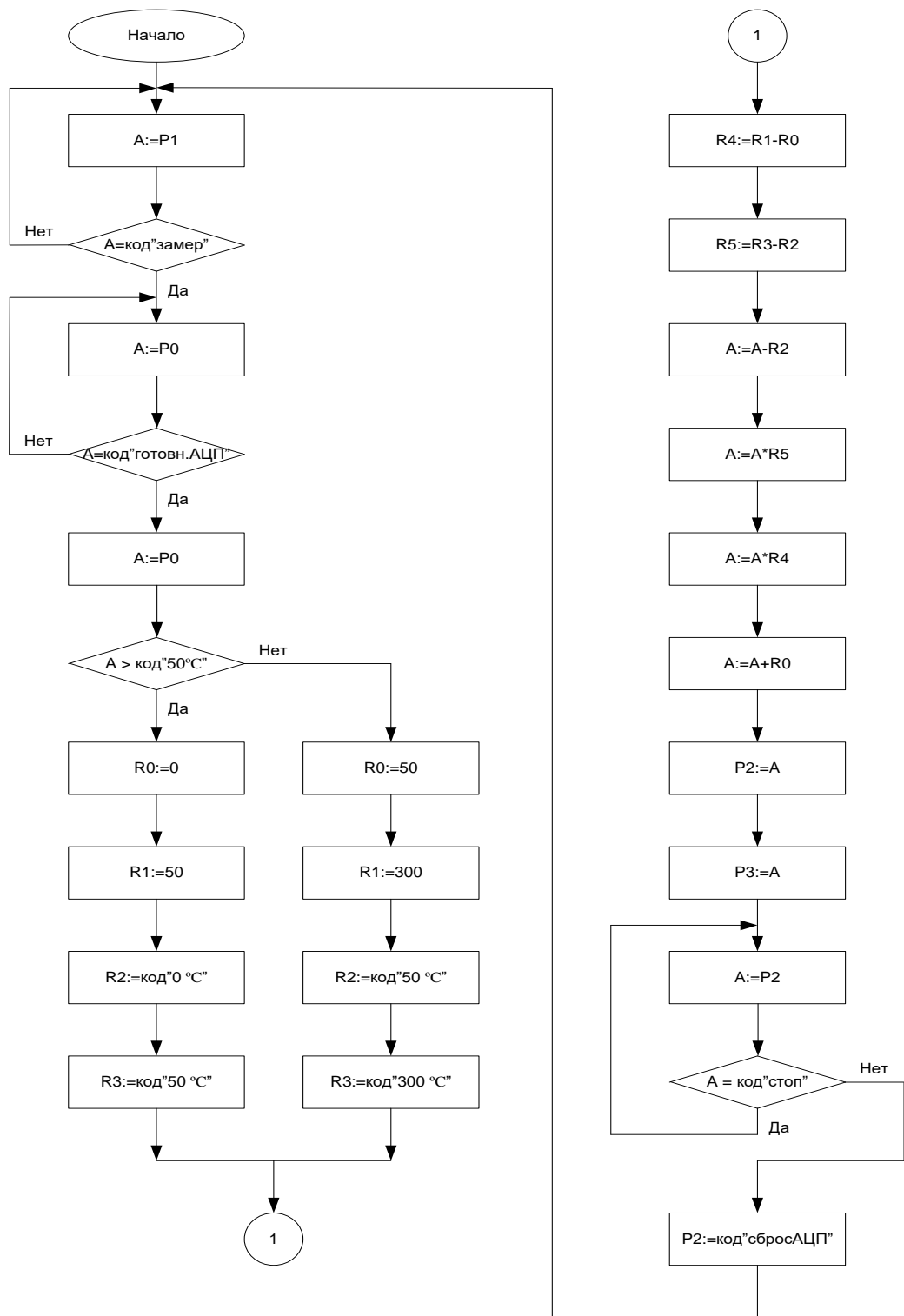


Рисунок 1.11 - Блок-схема алгоритму роботи МК

Далі в акумулятор МК записується значення коду з P1. У разі натиснутої кнопки "Стоп" на порти МК P2 і P3 продовжує поступати значення підрахованої температури об'єкту. У іншому випадку через порт P2 на АЦП поступає сигнал скидання і цикл виміру повторюється.

Живлення елементів схеми здійснюється від акумулятора напругою 4,5 В за допомогою DC - DC перетворювача. Як зарядний пристрій (ЗП) використовується готовий нестабілізований мережевий адаптер БПН 12-03 з вихідною напругою 12 вольт і струмом навантаження 300 мА. За допомогою супервізора контролюється заряд акумулятора.

Розглянемо схему управління ЗП. У основі схеми лежить мікроконтроллер (CPU2). Виведення AIN контроллера є входом аналогового компаратора, за допомогою якого контролюється стан джерела живлення (ЗП). Виведення ADC це вхід АЦП, за допомогою якого вимірюється напруга на акумуляторі. Високий рівень на виході P0 включає ланцюг зарядки акумулятора. Високий рівень на виході P1 включає ланцюг розряду акумулятора. Виведення P2 служить для індикації закінчення заряду акумулятора. Діод використовується для захисту від неправильного підключення джерела живлення.

Розглянемо алгоритм роботи мікроконтроллера (CPU2). Блок-схема алгоритму роботи мікроконтроллера (МК) приведена на рис. 1.12. Після подачі живлення на мікроконтроллер, відбувається часткова ініціалізація внутрішніх пристроїв мікроконтроллера (порт введення/виводу, таймер, АЦП, компаратор і тому подібне). Так само починає світитися світлодіод VD5. Потім перевіряється, чи в нормі напруга живлення. Якщо напруга в нормі, то завершується ініціалізація і прочитується значення статусу з незалежної пам'яті (EEPROM) МК, щоб упізнати статус МК до відключення живлення. Далі, перевіряється, чи встановлена акумуляторна батарея в зарядний пристрій. Для цього вимірюється напруга на акумуляторній батареї. Якщо воно більше, ніж 0,5 вольт, то вважається, що батарея встановлена. Якщо у момент включення живлення батарея знаходилася в зарядному пристрої, то робота продовжиться відповідно до того стану, який було записано в незалежну пам'ять.

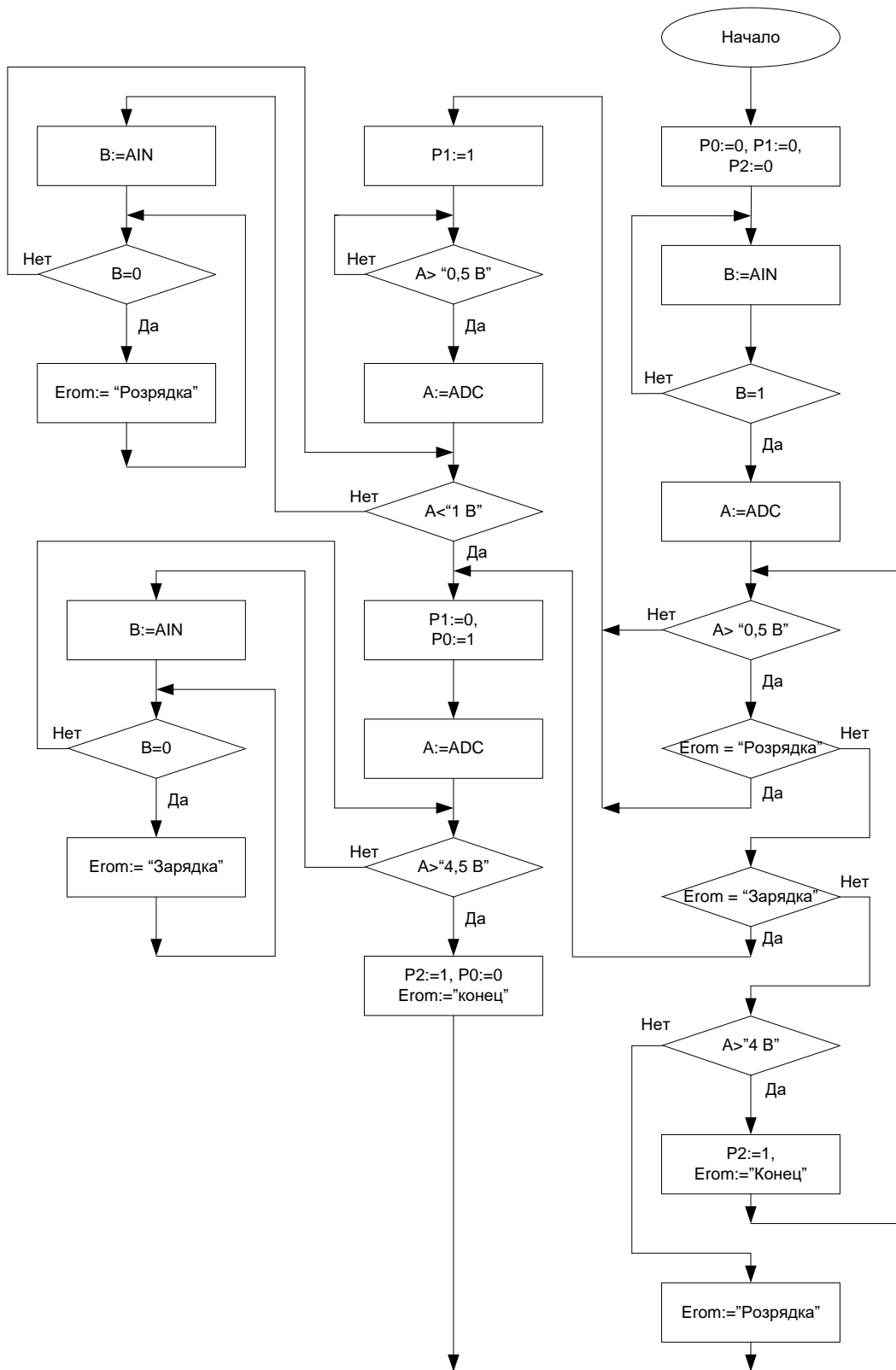


Рисунок 1.12 - Блок-схема алгоритму роботи МК

Якщо раніше йшов розряд, то продовжиться розряд, а потім почнеться заряд. Якщо йшов заряд, то продовжиться заряд, поки акумулятор не буде заряджений, після чого ЗУ буде відключено. Якщо ж у момент включення живлення батарея не була встановлена, то буде початий новий цикл розряд/заряд по установці акумулятора. Як тільки батарея буде встановлена, буде включений ланцюг розряду акумулятора. При цьому починає світитися світлодіод VD3. Розряд триватиме до тих пір, поки напруга на акумуляторі не зменшиться до 1 В. Після цього, розрядний ланцюг відключається і включається ЗП. Світлодіод VD3 гасне і починає світитися VD2. Якщо під час заряду акумулятори були витягнуті із зарядного пристрою до закінчення процесу заряду, то із-за того, що працює ЗП, напруга на контактах утримувача різко зростає. За цією ознакою мікроконтроллер дізнається, що акумулятори були витягнуті, і вмикає режим заряду. В даному випадку після установки акумуляторів буде початий новий цикл розряд/заряд. По закінченню процесу заряду акумулятора ЗП відключається і починає світитися VD4. За станом живлячої напруги стежить аналоговий компаратор (вхід АІN мікроконтроллера). Якщо напруга на вході аналогового компаратора стає менше необхідного значення, то відбувається переривання виконуваної програми, виходи контроллера перемикаються на низький рівень, стан контроллера записується в незалежну пам'ять, і мікроконтроллер переходжуватиме в режим очікування.

1.3 Види пірометричних перетворювачів та порядок їх використання

Пірометричні перетворювачі розроблені для тяжких умов експлуатації на виробництві. Конструкція перетворювача на рис. 1.13 дозволяє максимально ізолювати оптичні вузли приладу від дії пилу, пари, диму, а також механічних ушкоджень. Корпус перетворювача виконаний з нержавіючої сталі, що дозволяє оберігти прилад від корозії. Показник візування перетворювача не менше 1:50, що відповідає плямі візування 20 мм при відстані до контрольованої поверхні 1000 мм.



Рисунок 1.13 - Зовнішній вигляд пірометричного датчика

Пірометричні перетворювачі залежно від значення номінального показника візування D / L підрозділяються: на ширококутні - показник візування більше 1, на вузько - вугільні - показник візування 1 і менш. Пірометричні перетворювачі ТЕРА- 50 можуть працювати в комплекті з мілівольтметрами (одним або двома) або з мілівольтметром і одним автоматичним потенціометром, а також з одним або двома автоматичними потенціометрами. Пірометричні перетворювачі повного випромінювання (ППВ) входять в агрегатний комплекс пірометрів випромінювання АПІР-С, їх можна використовувати для виміру радіаційних температур поверхонь в діапазоні 30 - 2500 С. ППВ складається з первинного пірометричного перетворювача і вторинного вимірювального перетворювача ПВ-О. У первинному перетворювачі відбувається безпосереднє перетворення енергії теплового випромінювання в електричний сигнал низького рівня, який в ПВ-О посилюється і перетворюється в уніфікований вихідний сигнал. Тут же можуть здійснюватися лінеаризація характеристики, запам'ятовування максимального значення і індикація. До агрегатного комплексу АПІР-С відносяться пірометричні перетворювачі часткового випромінювання типів ПЧД- 121 і ПЧД- 131. Вони призначені для виміру температури тіл в діапазоні 450 - 2500 С. Перетворювач пірометричний складається з первинного перетворювача ПЧД і вторинного перетворювача ПВ - 3. У перетворювачі ПЧД енергія випромінювання в обмеженому діапазоні довжин

хвиль перетворюється в електричний сигнал, який в ПВ - 3 посилюється і перетворюється в стандартний сигнал. Тут же можливі лінеаризація характеристики, запам'ятовування максимального значення і індикація результату виміру. Є також можливість корекції вихідного сигналу при зміні випромінювальної здатності об'єкту. В цілях отримання стандартної градуовальної характеристики пирометрических перетворювачів на заводі-виготівнику виробляють підгонку напруги на його затисках, переміщаючи діафрагму уздовж різьбового відростка фланця. За допомогою трибки стає можливим переміщення діафрагми продовж різьбового відростка фланця.

Вторинний вимірювальний перетворювач включає наступні блоки: БЖ - блок живлення; ПП - посередкований перетворювач, що перетворює вихідний сигнал пірометричного перетворювача в напругу 0 - 2 В; БЗ - блок запам'ятовування, що забезпечує запам'ятовування максимальних значень вимірюваної температури; БП - блок вихідного підсилювача, перетворюючий сигнал 0 - 2 у уніфіковані вихідні сигнали; Б - блок індикації, забезпечуючий відлік вимірюваних значень температури; БФ - блок функціональний, що забезпечує лінеаризацію вихідного сигналу. У локальних системах контролю і регулювання температури застосовується комплекс стаціонарних пирометрических перетворювачів і пірометрів типу АПІР-С. До складу комплексу АПІР-С входять: пирометрические перетворювачі, призначені для безпосереднього перетворення енергії теплового електромагнітного випромінювання в електричний сигнал; вторинні вимірювальні перетворювачі (ПВ), призначені для перетворення сигналу пірометричного перетворювача в уніфікований вихідний сигнал (постійний струм 0 - 5 або 4 - 20 мА, напруга постійного струму 0 - 600 мВ або 0 - 10 В); монтажна і захисна арматури. У перетворювачі ПЧД енергія випромінювання в обмеженому діапазоні довжин хвиль і перетворюється в електричний сигнал, який в ПВ-3 посилюється і перетворюється в стандартний сигнал. Тут же можливі лінеаризація характеристики, запам'ятовування максимального значення і індикація результату виміру.

Є також можливість корекції вихідного сигналу при зміні випромінювальної здатності об'єкту. Прилад ПИРС-019 є телескопом для виміру радіаційної температури. Їх випускають у вигляді пірометрів і пірометричних перетворювачів з уніфікованими вихідними сигналами .

Порядок використання пірометричного перетворювача полягає у наступному:

Треба встановити пірометричний перетворювач на об'єкті контролю. Під'єднати пірометрический перетворювач до електронного блоку за допомогою сполучного кабелю, згідно з схемою електричних підключень. Клавiшу включення режиму тестування електронного блоку встановити в положення "раб". Підключити електронний блок до мережі змінного струму напругою 220 В, натиснути на кнопку включення живлення "мережу". Після вшмкнення живлення в течії 15 хвилин відбувається вихід пірометрического перетворювача на робочий режим.

Після цього перетворювач готовий до роботи. Відкрити кришку оптичного візирного пристрою пірометрического перетворювача, встановити на її місце знімний окуляр і, ослабивши фіксатор пірометричного перетворювача в монтажній арматурі, виробити його наведення на зону, температура якої підлягає виміру. Ілюстрація поля, зір окуляра приведена на рис. 1.14.



Рисунок 1.14 - Ілюстрація поля зору окуляра візирного пристрою

Зафіксувати положення пірометричного перетворювача, видалити знімний окуляр, закрити кришку візирного пристрою. У разі потреби може бути вироблена повірка працездатності пірометричного перетворювача згідно з методикою представленою в розділі 3.2.

1.3.1 Пристрій і принцип дії перетворювачів

Принцип дії приладу заснований на фотоелектричному перетворенні енергії випромінювання нагрітого тіла в спектральному діапазоні 0,4..1,2 мкм в електричний сигнал постійного струму. Перетворення здійснюється за допомогою кремнієвого фотодіода. Посилення і термостабілізація основних параметрів забезпечується електронною схемою приладу.

Конструктивно до складу приладу входять два блоки:

- пірометричний перетворювач;
- електронний блок.

Пірометричний перетворювач виконаний у вигляді металевої труби яка жорстко кріпиться після попереднього візування по місцю установки. У трубі змонтовані фотодіод, електронна схема посилення і стабілізації основних параметрів.

З одного торця перетворювача встановлений об'єктив, що формує зображення контрольованого об'єкту в площині фотоприймача. На іншому торці розташований роз'єм живлення і знімання вихідного сигналу. При проведенні візування в пірометричний перетворювач встановлюється знімний окуляр.

Електронний блок виконаний в прямокутному корпусі і містить цифровий функціональний перетворювач, що забезпечує перетворення сигналу пірометричного перетворювача в стандартний вихідний сигнал пірометра типу ТЕРА (градуювання РС- 25) і видачу вихідного сигналу в стандарті RS – 232.

На корпусі електронного блоку розташовані роз'єм для

підключення пірометричного перетворювача і знімання вихідних сигналів

кнопка включення живлення з індикаторним світлодіодом "мережа" і клавіша

включення режиму тестування електронного блоку "тест"/"роб".

При градуюванні пристрою виготівником за допомогою моделі абсолютно чорного тіла встановлюється однозначна залежність між вихідним струмом пристрою і температурою випромінювача.

Градувальна характеристики пірометричного перетворювача з електронним блоком приведена в таблиці 1.4. При вимірі температури реальних тіл враховуються їх коефіцієнти чорноти визначувані для конкретних об'єктів експериментальним шляхом.

Виміряне значення температури виводиться на цифровий дисплей і струмовий вихід приладу, а також конвертується в цифровий вихідний сигнал і за допомогою прикладного програмного забезпечення Piro Visual відображується на дисплеї комп'ютера. Можливості програмного забезпечення що входить в комплект постачання програмне забезпечення "PiroVisual", сумісне з Windows 95/98/XP, дозволяє:

- ідентифікувати перетворювач;
- відображувати поточне, мінімальне і максимальне значення вимірної температури;
- задавати коефіцієнт корекції випромінювальної здатності;
- виробляти візуалізацію процесу виміру у вигляді графіка в режимі реального часу;
- вести безперервний запис вимірів у файл на жорсткому диску ПК;
- виводити графіки або їх фрагменти на принтер;
- змінювати параметри цифрового фільтру і швидкість вимірів;
- налаштовувати струмовий вихід;
- проводити підстроювання перетворювача.

Таблиця 1.4 Градувальна характеристика пірометричного перетворювача з електронним блоком (відповідає градуюванню РС- 25 пірометра типу ТЕРА)

№ п/п	Температура °С	Виходной сигнал, мВ
1	1200	3,06
2	1250	3,66
3	1300	4,37
4	1350	5,13
5	1400	6,04
6	1450	7,00
7	1500	8,11
8	1550	9,37
9	1600	10,71
10	1650	12,23
11	1700	13,83
12	1750	15,59
13	1800	17,55
14	1850	19,67
15	1900	21,91
16	1950	24,32
17	2000	26,93
18	2050	29,79
19	2100	32,74
20	2150	35,95
21	2200	39,23
22	2250	42,89
23	2300	46,69

2.1 Методика впровадження датчиків пірометричного ефекту на виробничі ділянки

У промисловості велика кількість технологічних процесів пов'язана з вибухонебезпечними газодисперсними системами: пиловловлюванням, транспортуванням пневмотранспортом, подрібненням матеріалів, сушкою, зберіганням, спалюванням, шліфовкою поверхонь, механічною обробкою горючих матеріалів, складанням порошкових композицій і їх пресуванням. Аварійні ситуації або порушення технологічних режимів можуть створити умови для займання газодисперсної системи, процес горіння якої може носити характер вибуху, що призводить до значних руйнувань, а в особливих випадках і до людських жертв.

Необхідною умовою виникнення вибуху є присутність горючого пилу з концентрацією в межах займання і джерела запалення. Тиск при такому вибуху супроводжується хвилею стискування, швидкість якої в довкіллі від декількох сантиметрів до декількох сотень метрів в секунду. Швидке наростання тиску вибуху є в більшості випадків достатнім для руйнування або ушкодження устаткування. Ця небезпека посилюється, якщо первинний спалах пилу місцевого характеру приводить в стан аерозоля значні кількості обложеного пилу з її займанням. В цьому випадку вибух може поширюватися до тих пір, поки є горючий пил. Ще небезпечніша суміш, в якій знаходиться в стані, що диспергує, горючий пил і газоподібна фаза містить горючі пари або газу.

Згідно теорії М.М. Семенова, при вибуху усі тверді речовини згорають в газовій фазі. Таким чином, за своєю природою, по механізму поширення полум'я процес горіння газопилоповітряних і пилоповітряних сумішей наближається до горіння газоповітряних сумішей [1]. Але у них є і важливі відмін-

ності. Одним з найбільш суттєвих чинників, що впливають на горіння пилоповітряних і газопилоповітряних сумішей, є вихід летких речовин. Як найповніше зв'язок між виходом летких речовин і вибухіємністю досліджений для вугільного пилу. Вихід летких речовин обумовлений в основному процесом піролізу вугільного пилу і, отже, залежить від міри і швидкості нагріву вугільного пилу. В результаті на швидкість горіння вугільного пилу сильний вплив робить теплове випромінювання джерела загорання, чого практично не спостерігається при займанні газоповітряних сумішей. Вплив теплового випромінювання на поширення імпульсу, що ініціює, призводить до того, що швидкість горіння вугільного пилу, як правило, істотно вище, ніж швидкість горіння газоповітряних сумішей [1]. Крім того, передача енергії тепловим випромінюванням призводить до вищої чутливості пилоповітряних і газопилоповітряних сумішей, займанню і легко викликає руйнівний комбінований вибух пилу і газу (вибухи у вугільних шахтах).

Головному достоїнству вугілля, їх порівняно низькій вартості - супроводить і головний їх недолік, висока пожаро- і вибухонебезпека.

Практично будь-яка ланка технологічного ланцюжка від видобутку вугілля на розрізі до спалювання його в топці теплової електростанції в тій чи іншій мірі наражається на небезпеку пожежі або вибуху.

Єдиним напрямом, розвиток якого може дати істотне підвищення рівня пожежної безпеки вугільних шахт при порівняно невеликих витратах на впровадження, є впровадження автоматичних систем протипожежного захисту і вибухоподавленням.

Для забезпечення вибухобезпечності і успішного пригнічення вибуху необхідно виявити вогнище його запалення на максимально ранній стадії. Для цього потрібний датчик з великою чутливістю, малою інерційністю і незалежністю його характеристик від властивостей газопилового середовища. Будь-які фізичні явища, у тому числі процеси самозаймання, жевріння, пожежі або вибуху вугільного пилу, можуть бути ідентифіковані по ряду чинників, про-

явом яких це явище супроводжується. Загальним принципом роботи усіх автоматичних пристроїв виявлення загорянь є вимір фізичних величин, пов'язаних саме з цими чинниками. Зазвичай чинники, вживані для реєстрації вогнищ пожежі, ділять на дві групи: не пов'язані з процесом тепломасопереноса в результаті пересування продуктів горіння і пов'язані з ним [2-4].

У разі горіння вугільного пилу чинниками, по яких може бути виявлене вогнище пожежі (самозаймання, вибуху), являються:

- зміна температури (локальне підвищення, динаміка зростання і флуктуації в місці виникнення і розвитку вогнища);
- зміна газового складу середовища (підвищення концентрації двоокису і окислу вуглецю, вуглеводнів і інших продуктів горіння);
- зміна оптичних властивостей газового середовища (під впливом тепловиділення вогнища локально змінюється температура і, як наслідок, коефіцієнт заломлення повітря, крім того, частина продуктів горіння виділяється у вигляді диму (аерозоль), що у свою чергу веде до появи інтенсивного послаблення і розсіювання світлових променів);
- зміна інтенсивності і спектральних характеристик оптичного фону об'єкту, що захищається;
- зміна спектральних характеристик акустичного шуму;
- зміна тиску.

Датчики виявлення вогнища пожежі (пожежні сповіщувачі) є одним з основних елементів системи активного протипожежного захисту. За принципом роботи їх можна розділити на активні і пасивні; по виду визначуваного чинника вогнища горіння - на теплові, димові, оптичні (полум'ю). За типом використовуваного чутливого елемента: на інфрачервоні, фотоелектричні, барометричні, акустичні, іонізаційні, сейсмічні, п'єзоелектричні, магнітоконтактні, електроконтакти, комбіновані.

Ефективність застосування пожежних сповіщувачей і їх працездатність залежать від оптимального вибору типу датчика, місця його установки і умов експлуатації.

Як найповніше вимогам малої інерційності відповідають оптичні датчики виявлення вогнища загоряння. Виявлення загорянь по їх випромінюванню практично реалізується лише при полум'яному горінні горючих матеріалів. Спектральний склад випромінювання, як і інтегральна інтенсивність випромінювання, змінюється у міру розвитку вогнища горіння. При розвитку загоряння інтенсивність випромінювання збільшується і при полум'яному горінні, окрім цього, флукутує внаслідок "мерехтіння" полум'я. Частотний діапазон флукутації залежить від розмірів і форми полум'я. Характер зміни інтенсивності випромінювання від напряму залежить від розмірів і форми вогнища горіння, розмірів і форми полум'я.

Інформаційними параметрами загоряння - є спектральний склад і інтенсивність випромінювання, флукутація інтенсивності випромінювання. Виявлення загорянь по випромінюванню полум'я можна виробляти, вимірюючи його інтенсивність в певному спектральному діапазоні.

Газодисперсні системи мають велику поглинаючу здатність, що ускладнює застосування оптичних датчиків. На якість роботи оптичних датчиків чинять вплив відстань від датчика до точки займистості і оптичні властивості середовища. Для зменшення впливу цих чинників на роботу датчика виявлення займання, як оптичний датчик було запропоновано використовувати датчик пірометричного ефекту, температура спектрального відношення якого не залежить від поглинаючих властивостей середовища, якщо вони не вносять змін до спектру випромінювання.

2.1.1 Розробка пристрою пірометричного датчика пожежної сигналізації

Запропонований пірометричний датчик пожежної сигналізації має наступну структуру рис. 2.1.

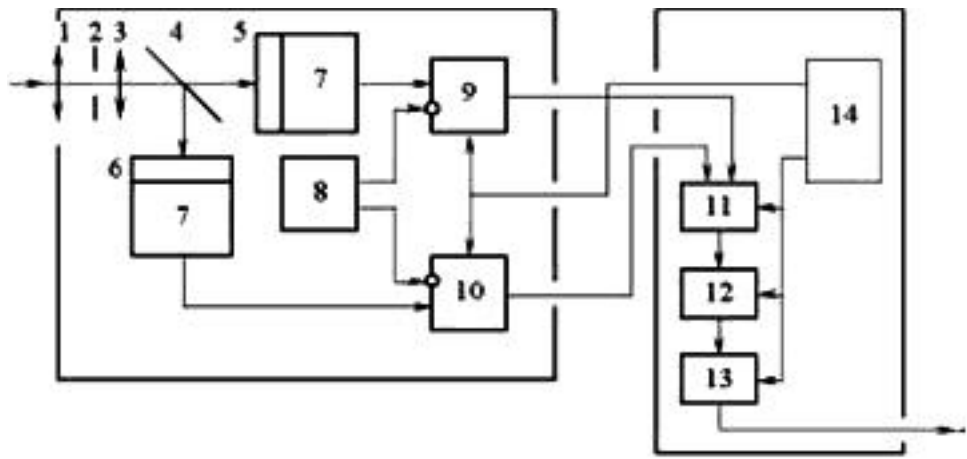


Рисунок 2.1 - Структурна схема пірометричного датчика пожежної сигналізації

Пристрій містить об'єктив 1, діафрагму 2, лінзу 3, роздільник світлового потоку 4, світлофільтри 5 і 6, інфрачервоні фотодетектори 7, підсилювачі 9 і 10, блок термостабілізації темнових струмів 8, блок 11 обчислень відношення двох значень напруги, блок усереднювання 12, пороговий детектор 13, блок живлення 14.

Пірометричний датчик пожежної сигналізації працює таким чином. Інфрачервоне випромінювання об'єкту, що охороняється, за допомогою об'єктиву 1 фокусується і, пройшовши через отвір діафрагми 2, розділяється світлоділительною пластиною 4 на два потоки. Кожен з цих потоків через світлофільтр 5 або 6 з різними спектрами пропускання потрапляє на фотодетектори 7. Лінза 3 спільно з об'єктивом 1 утворюють оптичну систему, яка служить для фокусування потоку на чутливі вікна фотодетекторів. Світлофільтри 5 і 6 виділяють зі світлового потоку різні ділянки спектру. Сигнали з фотодетекторів 7 подаються на входи підсилювачів 9 і 10 і посилюються ними. Для виключення впливу температури корпусу датчика на значення фотострумів фотодетекторів з блоку термостабілізації темнових струмів фотодетекторів 8 на інвертуючі входи підсилювачів 9 і 10 подається сигнал, рівний темновим струмам фотодетекторів при цій температурі їх корпусу. Сигнали з підсилювачів подаються в старанну схему, яка складається з блоку 11 обчислень відношення

двох значень напруги, блоку усереднювання 12, порогового детектора 13 і блоку живлення 14. У блоці 11 обчислюється відношення напруги з виходів підсилювачів 9 і 10. Це відношення прямо пропорційно температурі джерела теплового випромінювання. Отриманий таким чином температурний сигнал в блоці 12 усереднюється по декількох вимірах для виключення впливу шумів у вимірювальному і оптичних трактах. Усереднений сигнал температури подається на блок 13 порогового детектора і якщо він перевищує температуру спрацьовування, то блок 13 формує на виході пристрою сигнал, що означає початок займання.

Незважаючи на явну перевагу пірометричного датчика пожежної сигналізації в порівнянні з традиційними датчиками, запропонована структура має певні недоліки, які обумовлені в основному тим, що за основу датчика був узятий пірометр. Наявність блоку усереднювання, виконання знаходження відношення двох сигналів в одному блоці АЦП знижують його швидкодію і не дозволяють добитися високої завадозахищеності приладу, що зменшує достовірність ухвалення рішення про початок займання.

У зв'язку з можливістю виникнення і розвитку в приймальній частині пірометричного датчика пожежної сигналізації або в потоці випромінювання спонтанних процесів стохастичного характеру, що падає, цілком справна система може іноді прийняти помилкове рішення. Усі помилкові рішення можна розділити на дві великі групи.

1. Помилкова тривога (помилка типу I). сигнал тривоги, коли насправді стану тривоги немає.

2. Пропуск (помилка типу II). невиявлення існуючого насправді стану тривоги.

Як було сказано вище, пірометричний датчик пожежної сигналізації [7] для збільшення достовірності ухвалення рішення використовує простий метод усереднювання по декількох вимірах, що дозволяє виключити вплив різних короточасних чинників, що заважають, при ухваленні рішення про тривогу. Істотним недоліком цього датчика є те, що система усереднювання виконана

апаратним способом і що підвищення достовірності ухвалення рішення про тривогу відбувається тільки за рахунок виключення одного класу перешкод (короткочасних, тривалість яких співвимірна з тривалістю одного виміру).

Крім того, збільшення кількості вимірювальних трактів в датчику по порівнянню, наприклад, з інфрачервоним датчиком в два рази призводить до того, що перешкоди можуть проникати як в тракт прийому "синьої" частини спектру, так і в тракт прийому "червоної" частини спектру. Даний датчик [7] не дозволяє відокремити перешкоди різних трактів, оскільки виконавча схема знаходить цифровий еквівалент відношення аналогових сигналів з виходів обох трактів і подальшу обробку виробляє вже з числом, пропорційним цьому відношенню. Таким чином, кількість чинників, що заважають, в цьому датчику збільшується удвічі.

Для того, щоб дістати можливість враховувати перешкоди в кожному тракті, було запропоновано в виконавчій схемі передбачити роздільне аналогово-цифрове перетворення для кожного вимірювального тракту і ввести до її складу мікроконтролер.

Була запропонована наступна структурна схема пірометричного датчика пожежної сигналізації з мікроконтролерним блоком (рис. 2.2).

Основна відмінність структурних схем на рис. 2.1 і 2.2 полягає в заміні блоку обчислення відношення двох значень напруги, блоку усереднювання і порогового детектора мікроконтролерним блоком.

Виконавча схема пірометричного датчика пожежної сигналізації, заснована на мікроконтролері, має ряд очевидних переваг в порівнянні з схемою жорсткої логіки.

Спрощення схеми підвищує надійність датчика і знижує його собівартість. Застосування мікроконтролера вводить в датчик принципово нові можливості, такі як зв'язок з персональним комп'ютером, можливість накопичення інформації про контрольований об'єкт і тому подібне .

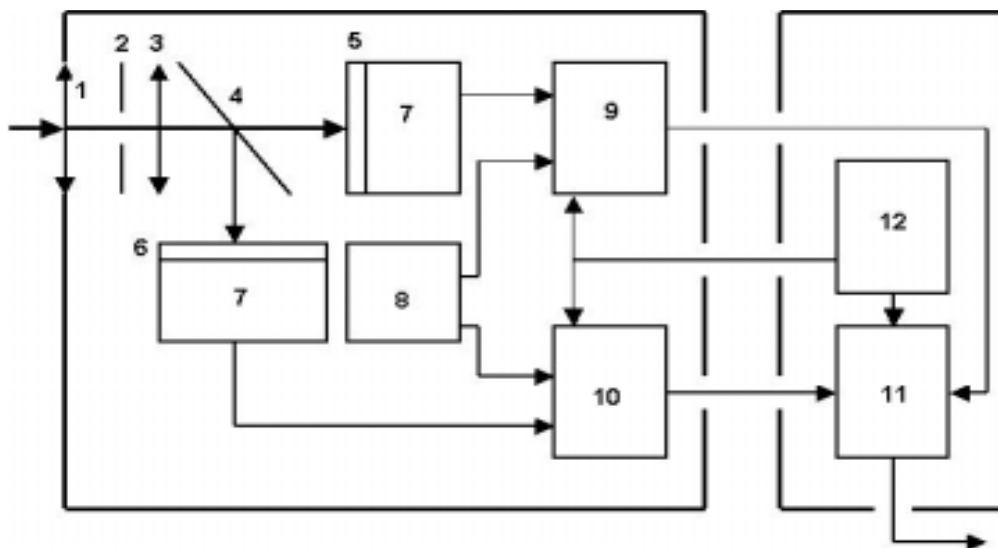


Рисунок 2.2 - Структурна схема пірометричного датчика пожежної сигналізації з мікроконтролерним блоком

Схема значно спрощується за рахунок програмно-апаратного підходу до побудови виконавчої схеми. Іншими словами, основні функції по обробці сигналів покладається на програмне забезпечення мікроконтроллера, що дозволяє отримати високу реконфігуруємість датчика шляхом невеликих змін в програмі. Крім того, програмні можливості, що з'явилися, дозволяють застосовувати якісніші алгоритми ухвалення рішення про займання.

Відхід від побудови виконавчої схеми на жорсткій логіці дозволяє досить просто і без істотних витрат ввести роздільне перетворення для кожного приймального тракту. Наявність двох вимірювальних трактів для "синьої" і "червоною" областей спектру з наступною обробкою цифрового еквіваленту відношення аналогових сигналів з виходів цих трактів призводить до появи нового класу помилок. У простому випадку критерієм для ухвалення рішення про початок займання являється перевищення величини відношення "синьої" частини спектру до "червоної" частини спектру певного порогового значення. При нормальній роботі пірометричного датчика у разі підвищення температури контрольованого об'єкту ростуть сигнали на виході обох трактів, різна лише швидкість росту, що призводить до збільшення значення відношення

цих сигналів. Але цілком вірогідна така ситуація, коли різкій зміні внаслідок чинника, що заважає, буде схильний сигнал лише одного приймального тракту. При цьому відношення сигналів може набути значення, що знаходиться за порогом спрацьовування датчика. Виявити цей тип перешкод, після того, як отримано відношення двох сигналів, у край складно. Набагато простіше виробляти роздільне аналого-цифрове перетворення по кожному каналу окремо, що дозволить без істотних апаратних і тимчасових витрат відсікти чинники, що заважають, виникають тільки в одному з каналів.

Застосування старанної схеми на мікроконтролері дозволяє досить просто реалізувати різні алгоритми ухвалення рішення про початок займання, максимально пристосовані для кожного конкретного застосування. Як сказано в [8], методами ухвалення рішення, що найбільш пропрацювали і поширеними, для систем виявлення і сповіщення про небезпеку являються методи, засновані на теорії статистичних рішень. Зокрема, великого практичного значення набули метод Байеса [9] і метод Неймана-Пірсона [10]. У методі Байеса, який відрізняється простотою, надійністю і ефективністю, будується діагностична матриця (см, наприклад, [9]), яка в процесі роботи може коригуватися. За рахунок вступу нових даних відбувається процес самонавчання пірометричного датчика шляхом перерахунку умовної вірогідності появи різних ознак в діагностичній матриці і вступу нових можливих станів датчика в діагностичну матрицю. Введення програмного елемента в конструкцію пірометричного датчика пожежної сигналізації дозволяє будувати датчики, що самоадаптуються, з високою достовірністю ухвалення рішення про початок займання.

Крім того, використання достатнього потужного мікроконтролера з апаратними елементами цифрової обробки сигналів (наприклад, мікроконтролер сімейства M68HC16 [11] фірми Motorola) дозволяє будувати в старанній схемі різні програмні цифрові фільтри з високою швидкодією.

Після зміни структурної схеми пірометричного датчика пожежної сигналізації було прийнято рішення про перевірку її завадостійкості до класу перешкод, які викликані попаданням в об'єкти датчика стороннього світлового

поток. Причини, що викликають попадання в об'єктив датчика стороннього світлового потоку, можуть носити самий різний характер і бути викликані безліччю чинників, врахувати які практично неможливо. Але незважаючи на велику різноманітність цих причин, їх можна розбити на декілька загальних типів перешкод, що по характеру вносяться ними.

Основним видом перешкод, які впливають на роботу пірометричного пожежного датчика, є засвічення від джерел випромінювання у видимому і інфрачервоному діапазонах. По характеру зміни інтенсивності випромінювання засвічення можна розділити на статичну, не змінюючи свої параметри в часі, і динамічну, параметри якої змінюються в часі (рис. 2.3). Статичне засвічення виникає від природного і штучного освітлення, від високотемпературних джерел і нагрітих тіл. Динамічне засвічення виникає при випадковому попаданні випромінювання стороннього об'єкту у поле зору пожежного датчика, а також при включенні і виключенні освітлення. Таким чином, динамічне засвічення можна розбити на два види: випадкову і параметричну. У першому випадку у полі зору датчика джерело випромінювання потрапляє короткочасно і сприйманий датчиком світловий потік міняється стрибкоподібно. У другому випадку джерело, що знаходиться у полі зору датчика, змінює параметри випромінювання.

Як можливі перешкоди було запропоновано розглядати включення лампи розжарювання, лампи денного світла (люмінісцентну), попадання сонячних променів (чи зміна інтенсивності сонячного світла). Зважаючи на те що вплив перешкоди може співпадати з появою вогнища займання, передбачалося розглянути появу перешкоди як за наявності активного сигналу про займання на вході пірометричного датчика, так і без нього.



Рисунок 2.3 - Класифікація засвічення

Для вирішення поставленого завдання було запропоновано виготовити спеціальну лабораторну установку, структурна схема якої приведена на рис. 2.4.

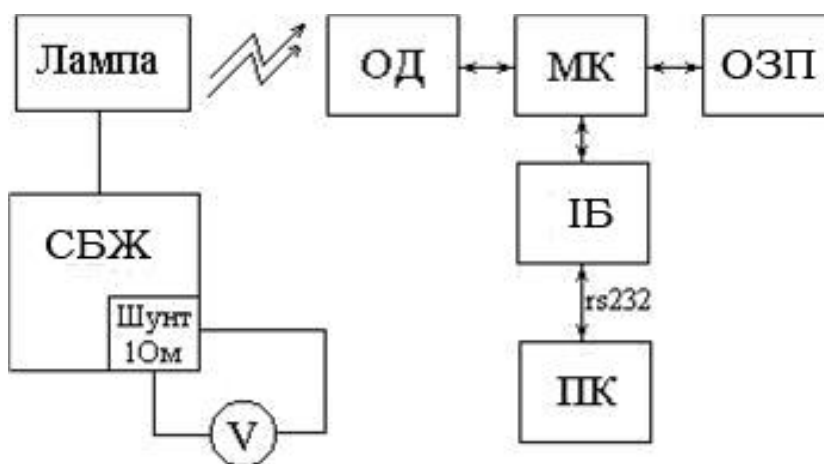


Рисунок 2.4 - Структурна схема лабораторної установки

Як основа лабораторної установки використовувався пірометричний датчик пожежної сигналізації із спеціально розробленим мікроконтрольним блоком. Аналогова інформація з оптичного датчика (ОД) поступає на два різні канали АЦП, які знаходяться у складі мікроконтролера (МК). Після перетворення мікроконтролер накопичує інформацію в оперативній пам'яті (ОЗП) протягом 1 з, після чого увесь об'єм інформації через інтерфейсний блок (ІБ)

передається на персональний комп'ютер (ПК), де вона обробляється. Такий алгоритм накопичення і наступної передачі інформації застосований для отримання більшої частоти дискретизації датчика. У разі, якщо не вимагається велика частота дискретизації, можливий режим роботи, при якому інформація відразу пересилається на ПК. Програмне забезпечення мікроконтроллерного блоку розроблене так, щоб роботою блоку можна було управляти по спеціальних командах ("почати перетворення", "очистити ОЗП", "переслати інформацію" і тому подібне) від персонального комп'ютера. Це дозволяє добитися великої гнучкості в організації експерименту.

Як джерело, що емулює вогнище займання, використовувалася еталонна лампа ТРУ 1100-2350. Для живлення цієї лампи був розроблений спеціальний блок живлення (СБЖ) з параметрами:

- напруга на виході від 2 до 30 В;
- робочий струм від 0,1 до 30 А;
- напруга пульсацій не більше 0,001 В.

Для контролю струму, поточного через еталонну лампу, використовувався шунт опором 1 Ом.

Алгоритм проведення експерименту був наступний:

Еталонна лампа виводилася на певне значення температури її спіралі. Це досягалось встановленням певного струму через лампу, з витримкою лампи при цьому струмі не менше 30 хв. Створювалися різні умови засвічення, які синхронізувалися з моментом накопичення інформації в мікроконтроллерном блоці. Результати передавалися в ПК. Відбувалася обробка результатів експерименту (зокрема візуалізація). Результати, отримані при необхідних видах засвічення, такі.

На рис. 2.5 представлені форми сигналів синього і червоного каналів датчика, відповідні наступному експерименту: спочатку датчик реєструє природне освітлення; потім включається штучне освітлення в процесі проведення

експерименту; як видно з малюнка, зміна сигналів не спостерігається (як джерело штучного освітлення використовувалися лампи розжарювання і люмінесцентные лампы).

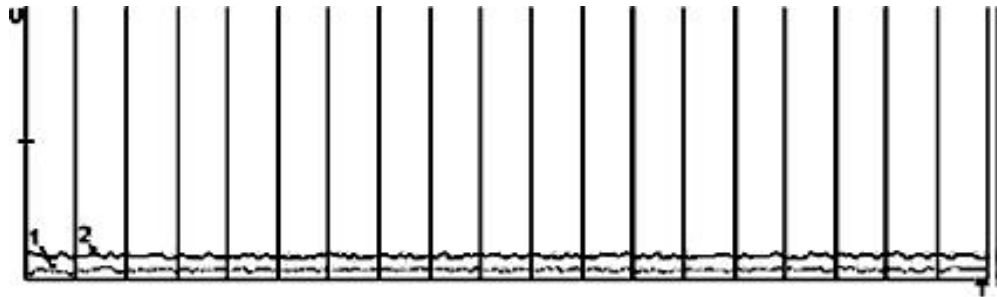


Рисунок 2.5 - Форма сигналів "синього" і "червоного" каналів при першому типі перешкод: 1 . "синій" канал; 2 . "червоний" канал

Графіки на рис. 2.6 відповідають експерименту, коли датчик реєстрував світловий потік природного освітлення і світловий потік звичайної лампи розжарювання, яка в процесі проведення експерименту закривалася не проникною світло перегородкою.

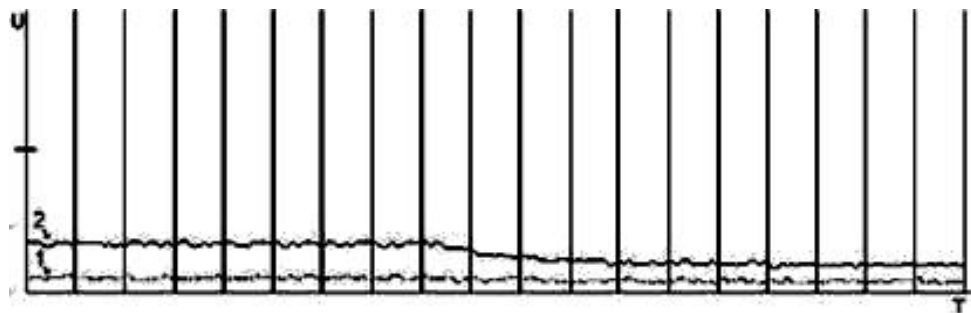


Рисунок 2.6 - Форма сигналів "синього" і "червоного" каналів при природному освітленні приміщення і перешкоди у вигляді лампи розжарювання

Рис. 2.7 відповідає експерименту, коли датчик реєстрував світло еталонної лампи і освітлення звичайної лампи розжарювання, яка, як і в попередньому експерименті, спочатку була спрямована безпосередньо на датчик, а потім закрита непрозорою перегородкою.



Рисунок 2.7 - Форма сигналів "синього" і "червоного" каналів при реєстрації потоку світла від еталонної лампи і перешкоди у вигляді лампи розжарювання

Окрім описаних експериментів, проводилися експерименти з іншими можливими типами оптичних перешкод. Результати дозволили зробити висновки про доцільність зробленої модернізації пірометричного датчика пожежної сигналізації, шляхом введення до його складу мікроконтролерного блоку і розподілі каналів аналого-цифрового перетворення для кожного вимірювального тракту.

2.1.2 Пірометричний датчик координат виникнення пожежі

В ході досліджень було запропоновано ввести до складу пірометричного датчика пристрій зарядового зв'язку (ПЗЗ-лінійки) як приймачі випромінювання. ПЗЗ-лінійки розташовані перпендикулярно один одному, утворюючи двовимірну систему координат. Досліджуючи розподіл напруги (рис. 2.8), можна визначити наступні параметри вогнища займання :

– температуру (U_{x0}/U_{y0});

- координати (x_0 і y_0);
- розміри (Δx_0 і Δy_0).

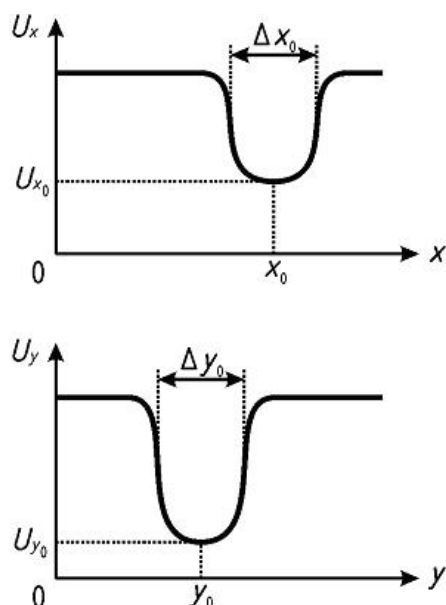


Рисунок 2.8 - Графіки розподілу напруги по довжині ПЗЗ-лінійок

Кінцевою метою роботи є розробка і виготовлення пірометричного датчика для реалізації можливості визначення координат займання. Тому, на початковому етапі, виникло завдання проектування датчика координат займання з ПЗС-линейками. Була запропонована наступна структурна схема датчика координат займання (рис. 2.9). Датчик працює таким чином. Випромінювання від об'єкту, що охороняється, фокусується за допомогою об'єктиву 1. Потім світловий потік розділяється світлоділительною пластинною на два потоки. Кожен з цих потоків потрапляє на ПЗЗ- лінійки 3. Сигнали з ПЗЗ- лінійок поступають в блок первинної обробки інформації. ПЗЗ-лінійки розташовані перпендикулярно один одному, що забезпечує можливість визначення розмірів і координат об'єкту займання.

Після проведення лабораторних досліджень було встановлено, що для реалізації переваг використання ПЗЗ-лінійок (визначення розміру і положення

вогнища займання) необхідною умовою є наявність якісної оптики. Отже, першим етапом проектування датчика координат вогнища займання є розрахунок параметрів оптичної системи. В цілях зниження тимчасових і фінансових витрат на виготовлення датчика було прийнято рішення про опис оптичної системи за допомогою математичної моделі.

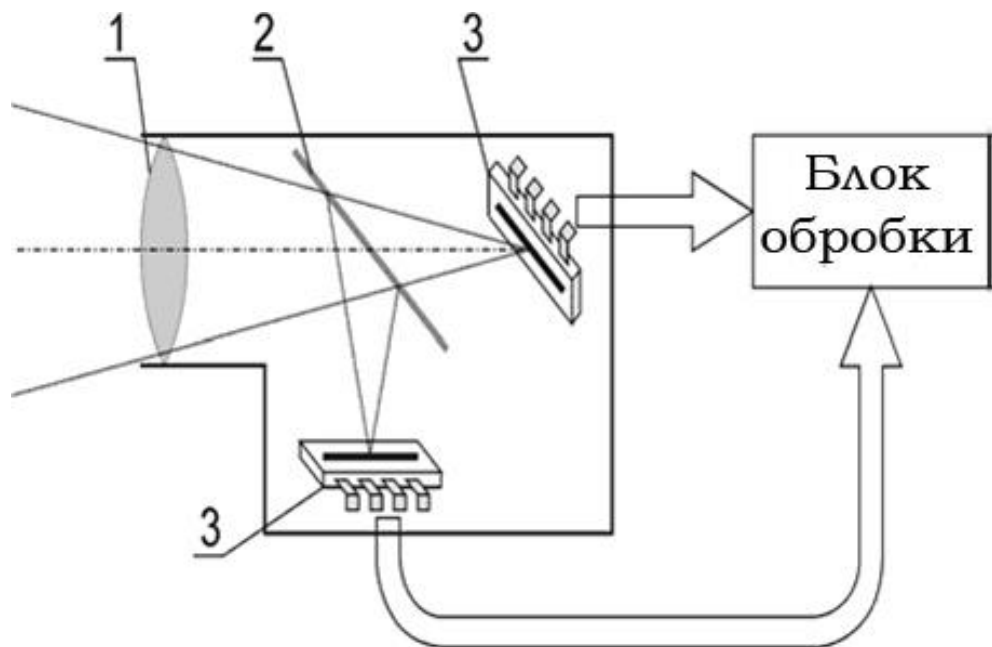


Рисунок 2.9 – Структурна схема датчика координат займання
1 - об'єктив; 2 – роздільник; світлового потоку; 3 - ПЗС-лінійки

Об'єктив оптичної системи є сукупністю декількох лінз, призначених для оперативного з'йому параметрів оптики в процесі роботи датчика. Якщо відстань до вогнища займання прийняти постійним, то об'єктив можна представити за одну збираючу лінзу. Тому першочерговим завданням стало використання програми «Lens Calculations», що дозволяє розраховувати основні параметри збираючої лінзи (діаметр, фокус) залежно від відстані до вогнища займання і його розположення в площині, перпендикулярній оптичній осі лінзи.

Використовуючи допущення про те, що світлова хвиля дуже мала в порівнянні з усіма розмірами оптичних приладів, можна будувати зображення, використовуючи закони геометричної оптики.

В результаті використання програми "Lens Calculations"- [<http://www.giangrandi.ch/optics/lenses/focalcalc.html>] , що дозволяє підбирати фокусну відстань і діаметр збираючої лінзи залежно від відстані до об'єкту, його розміру і необхідної відстані від об'єктиву до ПЗС-лінійок були зроблені розрахунки. Далі відповідно до вимог по швидкодії датчика було необхідно вибрати ПЗС-лінійки [14, 15]. Це можна зробити, визначивши їх основні параметри: частоту тактових імпульсів, світлочутливість і максимальний вихідний рівень напруги. Тому наступним завданням проектування стала використання програми "CCD LIS", що дозволяє підбирати параметри ПЗС- лінійки оптичної системи датчика координат вогнища займання. На рис. 2.10 приведене одне з вікон програми "CCD LIS".

Для проведення лабораторних вимірів були прийняті наступні значення геометричних параметрів :

- висота об'єкту $0,5 \text{ obj } h \leq m$, що охороняється;
- відстань від об'єкту, що охороняється, до датчика $2 \text{ obj } z \geq m$;
- відстань від об'єктиву датчика до чутливого елементу $\approx 0,11 \text{ im } z \text{ м}$.

За допомогою програми "Lens Calculation" і "CCD LIS" [16] було встановлено, що для "покриття" усього об'єкту , що охороняється необхідно використовувати об'єктив , що має діаметр $d = 50 \text{ мм}$ і фокусну відстань

$$f = 110 \text{ мм.}$$

Датчик координат займання включає наступні основні елементи:

- лінза;
- напівпрозоре дзеркало, що грає роль расщепителя променя;
- дві плати з ПЗС-линейками, виконующие функції фотоприймачів.

Тому першочерговим завданням стало використання програми «Lens Calculations», що дозволяє розраховувати основні параметри збираючої лінзи

(діаметр, фокус) залежно від відстані до вогнища займання і його розташування в площині, перпендикулярній оптичній осі лінзи.

Результати дозволили зробити висновок про доцільність зробленої модернізації пирометричного датчика пожежної сигналізації, шляхом введення до його складу мікроконтролерного блоку

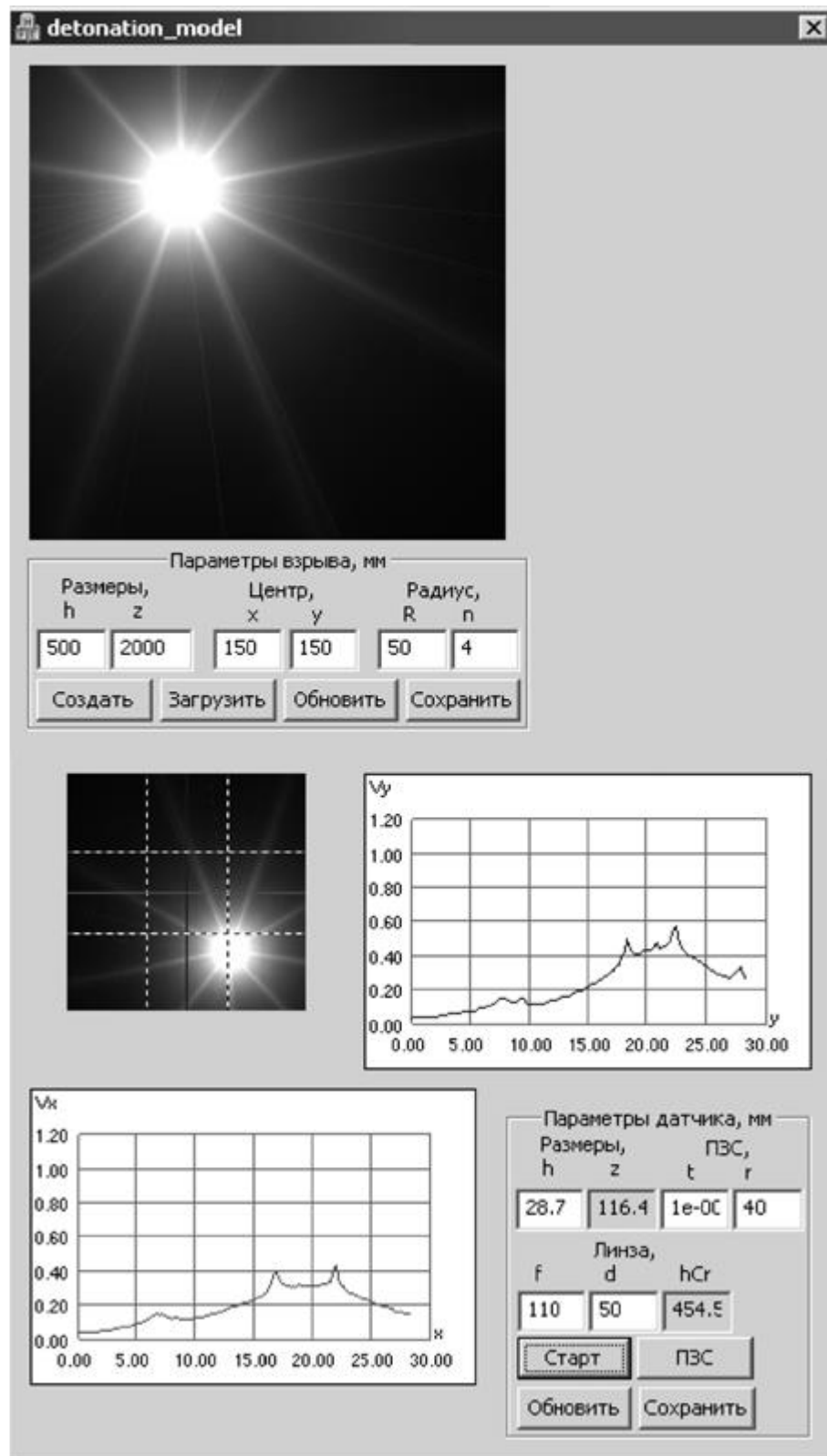


Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд вікна програми «CCD LIS»

На рис. 2.11 представлена схема розташування датчика відносно об'єкту, що охороняється.

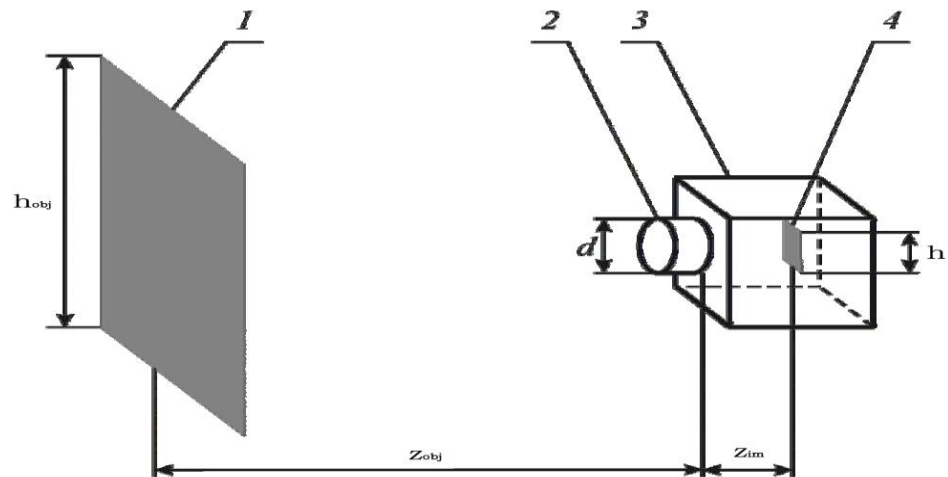


Рисунок 3.11 – Схема розташування датчика
 1 -об'єкт, що охороняється; 2 - об'єктив датчика; 3 -датчик; 4 - чутливий елемент

При цьому критичними геометричними параметри мають лінза і ПЗС-лінійки. З урахуванням цих параметрів в САПР КОМПАС-3D V7 був спроектований датчик координат займання. Конструкція датчика приведена на рис.3.12. Оптична система представляє собою дві друковані плати з ПЗС-лінійками 8, виконаних у корпусі 4. Плати з ПЗС-лінійками жорстко кріпляться до корпусу за допомогою болтових з'єднань 17. На кожній ПЗС-лінійці розміщений світлофільтр за допомогою притискної пластини 11. На горизонтальній лінійці розміщений синій світлофільтр 10, а на вертикальній - червоний 9.

Фокусування зображення що охороняється здійснюється за допомогою об'єктива, який є лінзою 1, зафіксований в оправі 2 кільцем 3. Об'єктив кріпиться в корпусі за допомогою винта 12, послабляючи який можна здійснювати точне фокусування світлового потоку шляхом переміщення об'єктиву уздовж оптичної осі приладу. Для розподілу світлового потоку передбачено напівпрозоре дзеркало 5, закріплене на рамці 6 притискною рамкою 7 за допомогою гвинтів 14 і гайок 13.

Притискна рамка має по краях невеликі борти, що виключають зміщення напівпрозорого дзеркала у площині перпендикулярній рисунку.

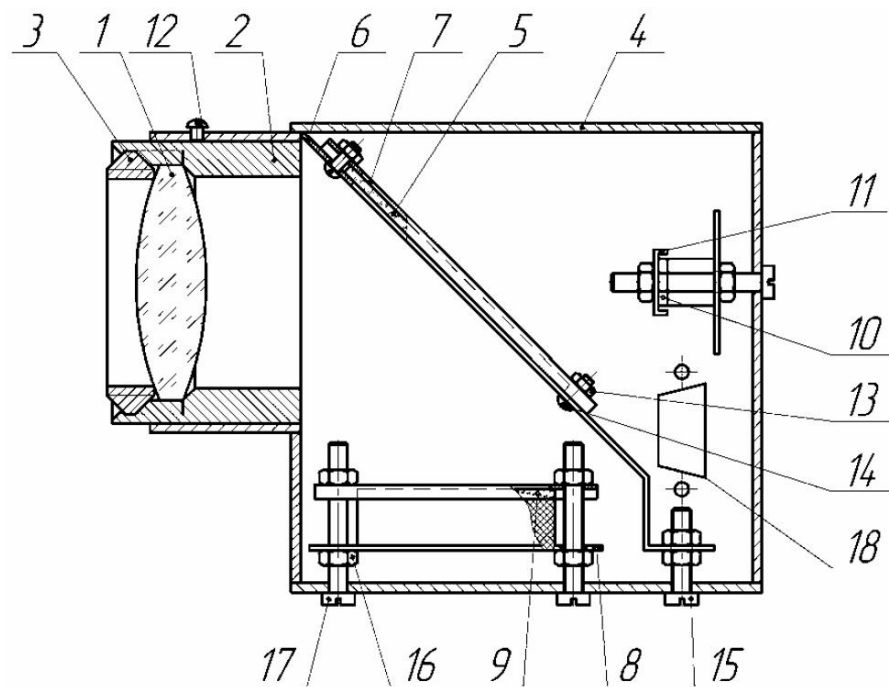


Рисунок 3.12 - Конструкція оптичної частини :

1 - лінза; 2 - оправа; 3 - кільце; 4 - корпус; 5 - дзеркало напівпрозоре; 6 - рамка; 7 - рамка прижимная; 8 - плата з ПЗС-линейкою; 9 - світлофільтр синій; 10 - світлофільтр червоний; 11 - пластина притискна; 12, 14, 15, 17 - гвинти; 3, 16 - гайки; 18 - кріпильний отвір для роз'єму DB9.

Рамка 6 кріпиться до корпусу гвинтами 15. Зміна положення гайок дозволяє регулювати кут нахилу напівпрозорого дзеркала відносно оптичної осі приладу, який повинен скласти 45 градусів.

Корпус є порожнистим паралелепіпедом з звареним порожнистим циліндром для кріплення об'єктиву. Корпус захищає основні елементи оптичної системи від зовнішніх кліматичних і механічних дій, забезпечує безпеку обслуговування і надає приладу в цілому естетичний вид.

Для забезпечення підключення ПЗС-лінійок до блоку обробки в корпусі передбачений технологічний отвір 18 для кріплення роз'єму DB9.

Після розрахунку і конструювання оптичної системи датчика виникло завдання проектування і виготовлення блоку обробки. Для виконання функцій обробки інформації до його складу було вирішено ввести мікропроцесор. Розглядалися три варіанти побудови блоку обробки з використанням мікропроцесора. Перший варіант передбачав побудову блоку обробки на високопродуктивному DSP. Цей варіант дозволяє безпосереднє управління роботою ПЗЗ-лінійок від процесора і прочитування інформації в реальному часі. Другий варіант спирався на застосування мікропроцесора, використання буферного блоку ОЗП великої місткості і організації режиму ПДП. В цьому випадку відбувався тимчасовий розподіл прочитування інформації з ПЗЗ-лінійки і її обробка. У процесі прочитування поточної інформації в режимі ПДП, процесор обробляв результати попереднього виміру з буфера. У третьому варіанті пропонувалося використовувати мікроконтроллер з середньою продуктивністю, а отримання необхідної інформації від ПЗЗ-лінійок покласти на апаратне забезпечення. Після аналізу усіх трьох варіантів перевага була віддана останньому. Це дозволило використовувати в схемі обробки поширений і недорогий мікроконтроллер сімейства MCS - 51 фірми ATMEL [17].

Структурна схема блоку обробки датчика координат вогнища займання приведена на рис. 2.13.

Розглянемо роботу складових частин пристрою. Програмно керований генератор виробляє сигнали загальної синхронізації ПЗЗ-лінійки. Мікроконтроллер має можливість програмно забороняти роботу генератора.

Це необхідно для забезпечення правильного алгоритму запуску лінійок. Мікроконтроллер здійснює запуск лінійок шляхом формування сигналу, що управляє. Цей же сигнал здійснює лічильники, які підраховують кількість тих, що поступили на ПЗЗ-лінійки імпульсів і, таким чином, зберігають номер осередку, який обробляється у нинішній момент в лінійці.

Програмне забезпечення пірометричного датчика координат вогнища займання підрозділене на дві частини.

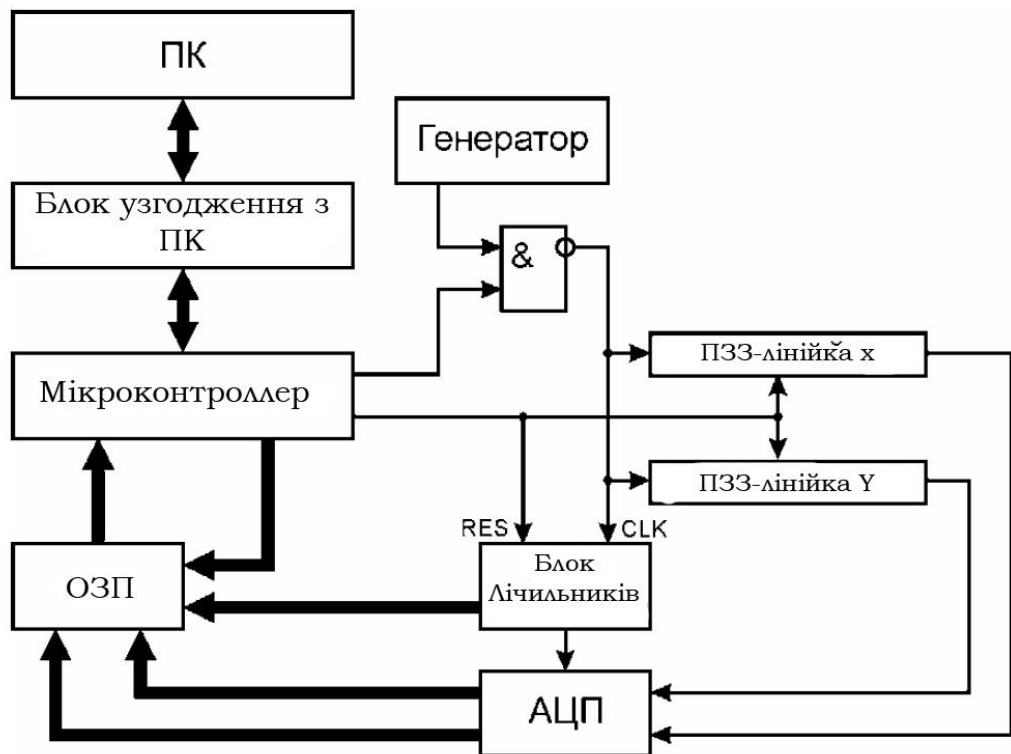


Рисунок 2.13 - Структурна схема блоку обробки

АЦП здійснює аналого-цифрове перетворення напруги, що поступає з ПЗ3-лінійок. ОЗУ призначено для тимчасового зберігання даних, таких, що поступають з АЦП. До складу блоку обробки входить також блок сполучення з ПК. Після закінчення прочитування і оцифрування даних з ПЗ3-лінійок, мікроконтроллер висилає вже оброблені дані в ПК за допомогою інтерфейсу RS - 232 для здійснення подальшої обробки і візуалізації. Розробка монтажної схеми і трасування провідників друкованих плат проводилася в САПР P - CAD 2001, розробленою фірмою "ACCEL Technologies" [18].

Програмне забезпечення пірометричного датчика координат вогнища займання підрозділене на дві частини. Перша частина призначена для мікроконтроллера AT89C51 і написана на мові асемблера для мікроконтроллерів промислового стандарту MCS - 51. Програмне забезпечення (рис. 2.14) мікро-

контролера відповідає за: розпізнавання команд прийнятих від ПЕВМ; організацію коректного апаратного прочитування даних з ПЗЗ-лінійок в ОЗУ; передачу вимірювальної інформації на ПЕВМ.

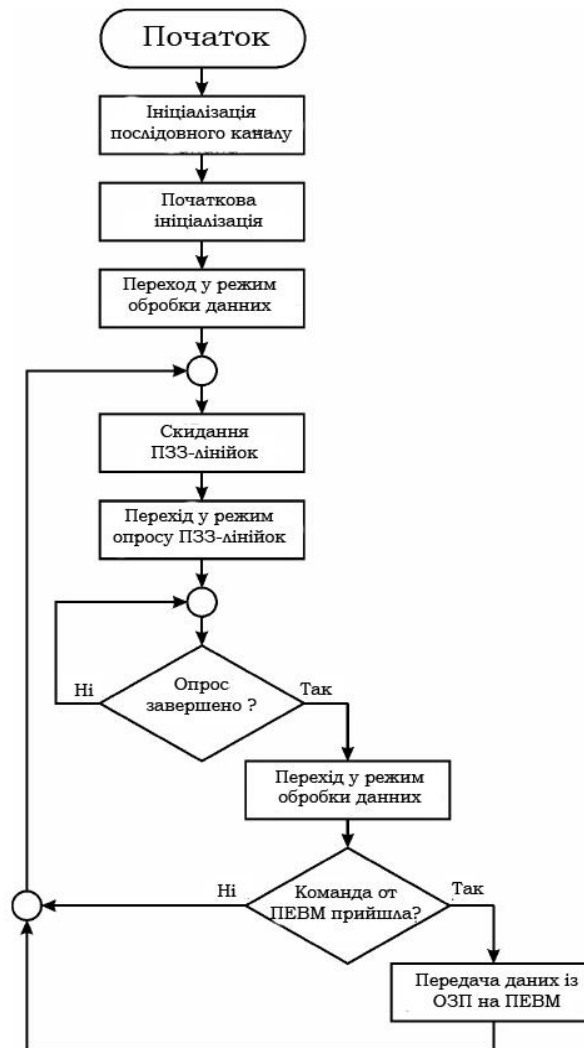


Рисунок 2.14 - Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення мікроконтролера

Друга частина програмного забезпечення (рис 2.15) призначена для ПЕВМ і написана на мові програмування C++ [19] у середовищі візуальної розробки додатків Visual C++ v7.0. Програмне забезпечення ПЕВМ забезпечує: прийом даних від блоку управління або прочитування даних з файлу; можли-

вість збереження даних для наступної обробки; обробку отриманих даних (фільтрація, згладжування); обчислення координат вогнища займання; візуалізацію результатів.

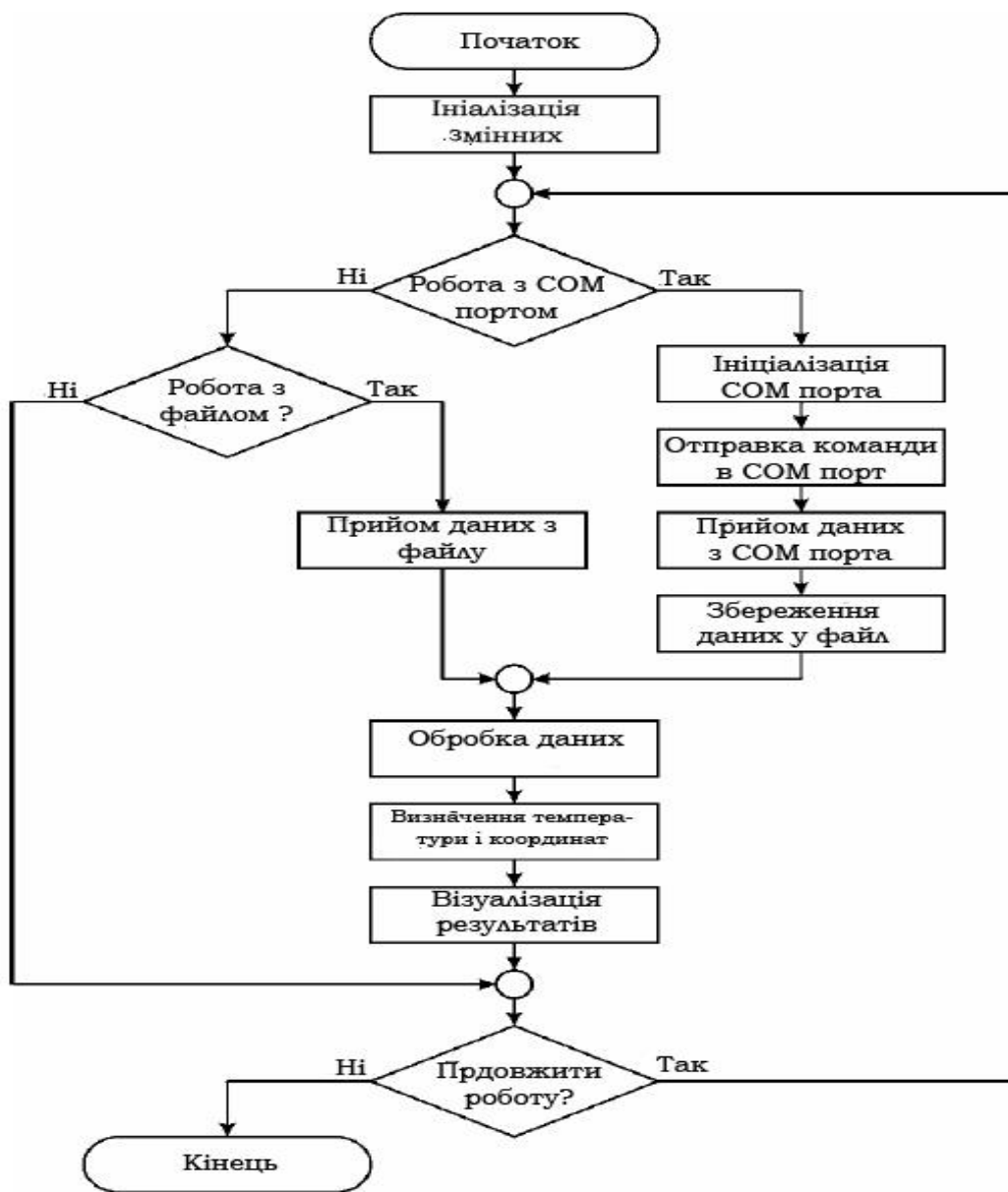


Рисунок 2.15 - Блок-схема алгоритма роботи програмного забезпечення ПЭВМ

Зовнішній вид вікна програми для ПЭВМ приведена на рис. 2.16.

У нижній правій частині вікна програми розташовані елементи керування. До них відносяться віртуальні кнопки і поля для введення/виведення необхідної

інформації. Інша частина вікна програми призначена для виведення графіків розподілу напруги по довжині ПЗЗ- лінійок і розташування вогнища займання на координатній сітці. Кнопка "Завантажити" призначена для роботи з даними, що зберігаються у файлі.

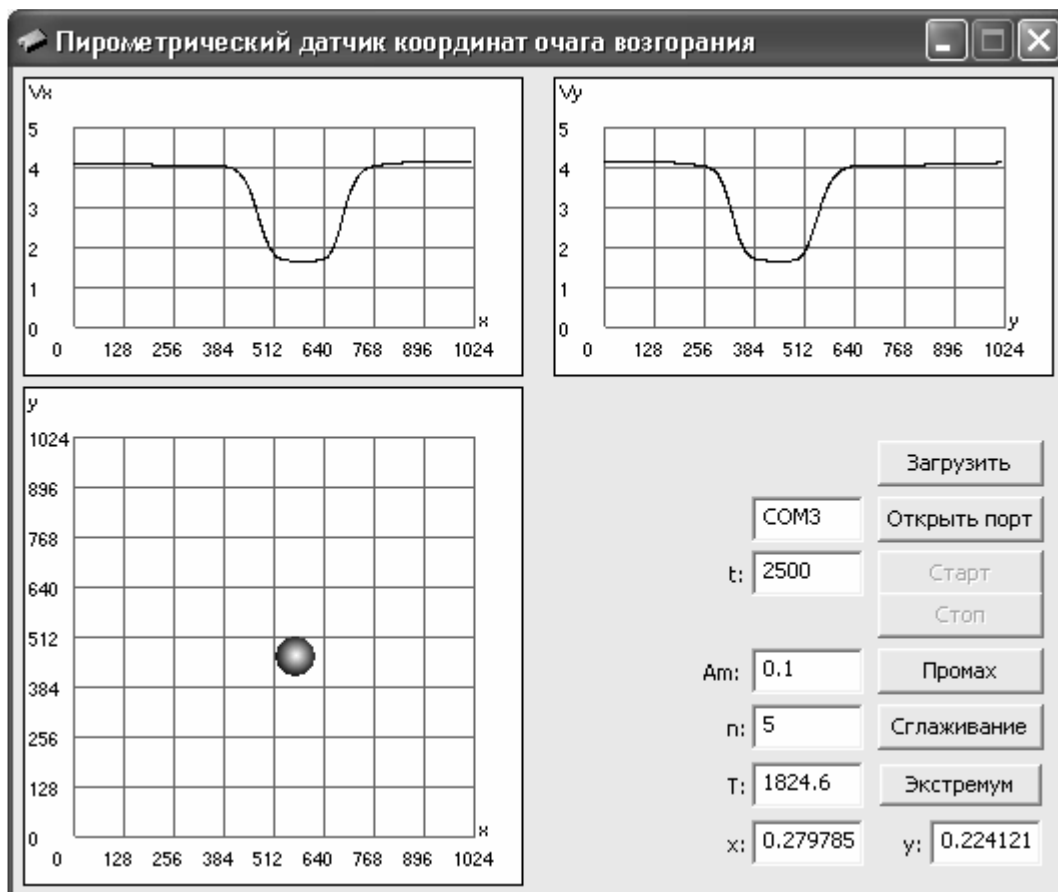


Рисунок 2.16 - Зовнішній вигляд вікна програми для ПЕВМ

Після натиснення на цю кнопку на екран буде виведено стандартне вікно відкриття файлу, в якому користувачеві необхідно вибрати потрібний файл і натиснути на кнопку "Відкрити". Якщо дані у вказаному файлі коректні, то на екран будуть виведені графіки напруги. Для роботи з даними, завантаженими з файлу, використовуються кнопки "Промаях", "Згладжування", "Екстремум", призначені для поетапної обробки даних в процесі відладки програми або градуювання датчика. Поля "Am:" і "n:" використовуються для налаштування параметрів фільтрації і згладжування.

Для роботи з блоком управління призначена кнопка "Старт", яка стає доступною тільки після ініціалізації СОМ-порта. Для цього необхідно натиснути на кнопку "Відкрити порт", заздалегідь вказавши у відповідному полі ім'я СОМ-порта, до якого підключений блок управління. Після натиснення на кнопку "Старт" програма в автоматичному режимі через інтервал часу, вказаний в полі "t:", прийматиме і зберігатиме у файл дані від блоку керування і здійснюватиме їх обробку, обчислюватиме координати, а також виводити на екран результати виміру. При цьому в поля, "x:" і "у:" будуть виведені значення координат.

В результаті проведеної роботи було досягнуто:

- дослідження структурна схема пірометричного датчика координат займання;
- виходована оптична система датчика;

Результати роботи будуть використані при проектуванні пірометричного датчика пожежної сигналізації з ПЗЗ-лініями.

2.2. Розрахунок економічної доцільності застосування пірометричних засобів пожежної безпеки на підприємствах

Для забезпечення вибухобезпеки та успішного придушення займання на підприємстві було прийнято рішення провести заміну діючих димових сповіщувачів пожежної сигналізації на більш сучасні пристрої які конструктивно представляють собою інфрачервоні датчики пірометричного ефекту. У наслідку цього необхідно зробити розрахунок на економічну ефективність впровадження нових приладів.

Розрахунок показників економічної ефективності проводиться на основні вхідних даних (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 Вихідні дані

Назва показника	Літерне позначення	Значення показника	
		базового	нового
1 Вартість комплексу приладів, грн	Ц	3000	4200
2 Оклад повірника, грн	Ом	2100	2100
3 Коефіцієнт, що враховує додаткову ЗП	Кдз	1,37	1,37
4 Коефіцієнт, що враховує нарахування ЗП	Кнз	1,4	1,4
5 Коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт	Крем	0,8	0,8
6 Норма амортизації, %	На	20	20
7 Коефіцієнт витрат на транспортування	Ктп	0,08	0,08
8 Коефіцієнт витрат на монтаж і установку ЗВТ	Км	0,4	0,4
9 Річний фонд часу роботи обладнання, год	Фвр	2024	2024
10 Коефіцієнт використання обладнання	Кв	1	1
11 Сумарна потужність обладнання, кВт	Нп	0,043	0,021
12 Тариф за одну кВт· год	Те	0,42	0,42

Річний економічний ефект у споживача нової техніки – економія живої й упередженої праці в суспільному виробництві в результаті впровадження нової техніки з урахуванням необхідних витрат.

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = \left[\frac{1}{T_{co}} \left(C_1 \frac{B_2}{B_1} - C_2 \right) + \left(C_1 \frac{B_2}{B_1} - C_2 \right) + \frac{1}{T_{co}} \left(K_1 \frac{B_2}{B_1} - K_2 \right) \right] \cdot A_2, \quad (2.1)$$

де $\left(\frac{1}{T_{co}} \left(C_1 \frac{B_2}{B_1} - C_2 \right) \right)$ - річна економія в результаті різниці в цінах базової техніки і нової техніки, що припадає на одиницю кінцевої продукції, грн;

$\frac{1}{T_{co}}$ - коефіцієнт приведення одноразових витрат на рік, є величиною зворотною прийнятому максимальному строку окупності витрат на техніку;

$\left(C_1 \frac{B_2}{B_1} - C_2 \right)$ - річна економія на витратах з експлуатації і приведених до року

супутніх капітальних вкладеннях, грн;

$\frac{B_2}{B_1}$ - коефіцієнт підвищення продуктивності нової техніки в порівнянні з базовою;

вою;

K_1, K_2 – супутні капіталовкладення в базову і нову техніку, грн;

C_1, C_2 - витрати з експлуатації з базової і нової техніки, грн;

A_2 – кількість одиниць нової техніки, шт.

Усі показники з індексом 1 – показники базової техніки, з індексом 2 – нової техніки.

Витрати з експлуатації розраховуються за формулою:

$$C_i = C_3 + C_a + C_p + C_{нов} + C_e \quad (2.2)$$

де C_3 - основна і додаткова заробітна платня з нарахуванням;

C_a - витрати на амортизацію приладів;

C_p - витрати на ремонт приладів;

$C_{нов}$ - витрати на повірку приладів;

C_e - витрати на електроенергію;

Основна і додаткова ЗП з нарахуваннями визначається за формулою:

$$C_3 = 12 \cdot O_m \cdot K_{дз} \cdot K_{нз} \quad , \quad (2.3)$$

де O_m – ставка робітника;

$K_{\partial 3}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову ЗП;

$K_{нз}$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на ЗП.

Розраховуємо показник $C_3 = 12 \cdot 2100 \cdot 1,37 \cdot 1,4 = 48333,6$ грн

Витрати на амортизацію приладів визначаються за формулою:

$$C_{ai} = \frac{Цi \cdot H_a}{100}, \quad (2.4)$$

де H_a – норма амортизації;

$$C_a = \frac{3000 \cdot 20}{100} = 600 \text{ грн},$$

$$C_{a2} = \frac{4200 \cdot 20}{100} = 840 \text{ грн}.$$

Витрати на ремонт приладів визначаються за формулою:

$$C_{ps} = \frac{Цi \cdot K_{рем}}{100}, \quad (2.5)$$

де $K_{рем}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт:

$$C_{p1} = \frac{3000 \cdot 8}{100} = 240 \text{ грн},$$

$$C_{p2} = \frac{4200 \cdot 8}{100} = 336 \text{ грн}.$$

Витрати на перевірку приладів визначаються за формулою:

$$C_{\text{пов1}} = 0,3 C_a, \quad (2.6)$$

$$C_{\text{пов1}} = 0,3 \cdot 600 = 180 \text{ грн},$$

$$C_{\text{пов2}} = 0,3 \cdot 840 = 252 \text{ грн}.$$

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$C_{e_i} = N_n \cdot F_{\text{вр}} \cdot T_e \cdot K_v, \quad (2.7)$$

де N_n – сумарна потужність обладнання, кВт;

$F_{\text{вр}}$ - річний фонд часу роботи обладнання, год;

T_e - тариф за одну 1 кВт· год електроенергії, грн;

K_v - коефіцієнт використання обладнання.

$$C_{e1} = 0,043 \cdot 2024 \cdot 0,42 \cdot 1 = 36,55 \text{ грн},$$

$$C_{e2} = 0,021 \cdot 2024 \cdot 0,42 \cdot 1 = 17,85 \text{ грн}.$$

Визначаємо витрати з експлуатації за формулою:

$$C_1 = 48333,6 + 600 + 240 + 180 + 36,55 = 49390,15 \text{ грн},$$

$$C_2 = 48333,6 + 840 + 336 + 252 + 17,85 = 49779,45 \text{ грн}.$$

Супутні капіталовкладення визначаються за формулою:

$$K_i = K_{\text{мрi}} + K_{\text{мі}}, \quad (2.8)$$

де $K_{тр}$ – витрати на транспортування ЗВТ

$K_{м}$ – витрати на монтаж і установку ЗВТ

$$K_{тpі} = 0,08 \cdot Ці, \quad (2.9)$$

$$K_{тp1} = 0,08 \cdot 3000 = 240 \text{ грн,}$$

$$K_{тp2} = 0,08 \cdot 4200 = 336 \text{ грн,}$$

$$K_{мі} = 0,4 \cdot Ці, \quad (2.10)$$

$$K_{м1} = 0,4 \cdot 3000 = 1200 \text{ грн,}$$

$$K_{м2} = 0,4 \cdot 4200 = 1680 \text{ грн,}$$

$$K_1 = 240 + 1200 = 1640 \text{ грн.}$$

Для перевірки датчиків пірометричного типу необхідно використувувати спец-обладнання, яке дасть змогу краще проводити перевірку, його вартість складає 8400 грн.

$$K_2 = 336 + 1680 + 8400 = 10416 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою :

$$E_p = \left[\frac{1}{6} (3000 \cdot 1,3 - 4200) + (49390,15 \cdot 1,3 - 49779,45) + \frac{1}{6} (1640 \cdot 1,3 - 10416) \right] \cdot 1 = 13097,115 \text{ грн.}$$

Приріст чистого прибутку визначаємо за формулою:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = E_p - H, \quad (2.11)$$

де H – податки;

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = 13097,098 - 4319,129 = 8777,98 \text{ грн.}$$

Срок окупності витрат визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_2 + K_2}{\Delta\Pi_{\text{ч}}} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{4200 + 10416}{8777,98} = 1,32 \text{ року}$$

Рентабельність капітальних витрат розраховується за формулою:

$$R = \frac{\Delta\Pi_4}{C_2 + K_2} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

$$R = \frac{8777,98}{4200 + 10416} \cdot 100\% = 60\%$$

Виконуються умови економічної ефективності. Річний економічний ефект від застосування нового приладу складає 13097,115 грн. Приріст чистого прибутку 8777,98 грн, строк окупності менше нормативного, рентабельність капітальних витрат 60 %. Використання нового приладу економічно доцільно.

3.1 Загальні технічні вимоги до пірометричних засобів вимірювання

ГОСТ 28243-96 - Розроблений науково-виробничим об'єднанням "Термоприлад". Внесений Державним комітетом України із стандартизації, метрології і сертифікації. Прийнятий Міждержавними радами із стандартизації, метрології і сертифікації. (Протокол N 9 від 12 квітня 1996 р).

Сфера застосування. Справжній стандарт поширюється на промислові пірометри і перетворювачі пірометричні спектрального відношення, повного і часткового випромінювання (далі - пірометри), призначені для безконтактного виміру температури в межах від мінус 50 до плюс 4000 °С в діапазоні довжин хвиль від 0,3 до 40 мкм.

У данному стандарті використані посилання на наступні стандарти:

ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартів безпеки праці. Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки.

ГОСТ 12.3.019-80. Система стандартів безпеки праці. Випробування і виміри електричні. Загальні вимоги безпеки.

ГОСТ 26.011-80. Засоби вимірів і автоматизації. Сигнали струму і напруги електричні безперервні вхідні і вихідні.

ГОСТ 26.013-81. Засоби вимірів і автоматизації. Сигнали електричні з дискретною зміною параметрів вхідні і вихідні.

ГОСТ 12997-84. Вироби ГСП. Загальні технічні умови

ГОСТ 15150-69. Машини, прилади і інші технічні вироби. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища.

ГОСТ 18953-73. Джерела живлення електричні ГСП. Загальні технічні умови.

ГОСТ 27883-88. Засоби виміру і управління технологічними процесами. Надійність. Загальні вимоги і методи випробувань.

Технічні вимоги:

- Пірометри слід виготовляти відповідно до вимог справжнього стандарту, технічних умов на пірометри конкретних типів по робочих кресленнях, затверджених в установленому порядку.

- Основні показники пірометрів за нормальних умов повинні відповідати вимогам, приведеним в табл. 3.1.

Значення меж основної похибки, що припускається, і інструментальної похибки пірометра, виражені у відсотках, встановлюють від верхньої межі виміру температури і вказують в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

Масу і споживану потужність стаціонарних пірометрів, а також масу переносних пірометрів з робочою відстанню понад 5 м встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів. У технічних умовах на пірометри конкретних типів в технічно і економічно обґрунтованих випадках на вимогу споживача (замовника) для досягнення нижніх значень меж що допускаються основною і інструментальною похибкою допускається регламентація показників (час встановлення свідчень, показник візування, маса і споживана потужність), відмінних від встановлених в справжньому стандарті.

Вимоги до конструкції. Живлення пірометрів слід вибирати: - від мережі змінного струму напругою 220 В з відхиленням, що допускається, від плюс 10 до мінус 15%, частотою 50 Гц з відхиленням +/- 2%, що допускається;

- Від джерел живлення постійного струму напругою по ГОСТ 18953, вибираним з ряду: 5, 6, 12, 15, 24, 27, 36, 48 В, встановленим в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

Таблиця 3.1 Основні показники пірометрів за нормальних умов

Назва підгрупи однорідної продукції	Назва показників, розмірність	Значення показників
Пірометри повного випромінювання	<p>Діапазон вимірювання температури, °С</p> <p>Границя допустимої основної похибки пірометра для вимірювання температури : до 400 °С, °С понад 400 °С, %</p> <p>Границя допустимої інструментальної похибки пірометра для вимірювання температури : до 400 °С, °С понад 400 °С, %</p> <p>Маса переносних пірометрів, кг, не більше</p> <p>Вживана потужність переносних пірометрів, Вт, не більше</p>	<p>Від -50 до +2500</p> <p>±4,0; ±6,0; ±8,0 ±5,0; ±1,0; ±1,5; ±2,0</p> <p>±2,0; ±3,0; ±4,0 ±0,25; ±0,5; ±0,6; ±1,0</p> <p>1,5</p> <p>1,5</p>
Пірометри часткового випромінювання	<p>Діапазон вимірювання температури, °С</p> <p>Границя допустимої основної похибки пірометра для вимірювання температури : до 400 °С, °С понад 400 °С, %</p> <p>Границя допустимої інструментальної похибки пірометра для вимірювання температури : до 400 °С, °С понад 400 °С, %</p> <p>Маса переносних пірометрів, кг, не більше</p> <p>Вживана потужність переносних пірометрів, Вт, не більше</p>	<p>Від -30 до +4000</p> <p>±4,0; ±6,0; ±8,0 ±0,5; ±1,0; ±1,5; ±2,0</p> <p>±2,0; ±3,0; ±4,0 ±0,25; ±0,5; ±0,6; ±1,0</p> <p>1,8</p> <p>1,5</p>
	<p>Діапазон вимірювання температури, °С</p> <p>Границя допустимої основної похибки пірометра для вимірювання температури : до 1000 °С, °С понад 1000 °С до 2000 °С, % понад 2000 °С, %</p> <p>Границя допустимої інструментальної похибки пірометра для вимірювання температури : до 1000 °С, °С понад 1000 °С до 2000 °С, % понад 2000 °С, %</p> <p>Маса переносних пірометрів, кг, не більше</p> <p>Вживана потужність переносних пірометрів, Вт, не більше</p>	<p>Від 200 до +3000</p> <p>±16,0; ±20,0; ±1,0; ±1,5; ±1,5; ±2,0</p> <p>±8,0; ±10,0; ±0,5; ±1,0; ±1,0; ±1,5</p> <p>2,0</p> <p>1,8</p>

Стационарні перетворювачі повинні мати уніфіковані вихідні сигнали по ГОСТ 26.011 або ГОСТ 26.013. Допускаються нелінійні сигнали на виході вимірювального перетворювача за узгодженням із споживачем (замовником).

- Вимоги до електричної міцності ізоляції і опору ізоляції пірометрів вибирають по ГОСТ 12997 для температури навколишнього повітря (20 ± 5) °C і відносній вологості не більше 80% і вказують в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Показник візування пірометрів вибирають з ряду: 1:1; 1:2, 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:30; 1:40; 1:50; 1:100; 1:150; 1:200; 1:250; 1:300; 1:400; 1:500; 1:750; 1:1000; 1:2000; 1:2500. Конкретні значення показника візування встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Функції, які можуть бути реалізовані в пірометрах, вибирають згідно з Додатком А і встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Довжину або опір лінії зв'язку, а також схеми зовнішніх з'єднань між складовими частинами пірометрів встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Вимоги до візирної системи пірометрів і перетворювачів встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Відстань до випромінювача і розмір випромінювача, при яких нормується основна і інструментальна похибка, встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Стационарні пірометри мають бути стійкі до дії температури навколишнього повітря від 5 °C до 50 °C, переносні пірометри до дії температури навколишнього повітря від 5 °C до 40 °C, відносній вологості до 80% при температурі 35 °C і нижчих температурах без конденсації вологи.

Допускається в обґрунтованих випадках застосування охолодження пірометрических перетворювачів при температурі понад 35 °C.

- Найбільші зміни, що допускаються, попохибці, викликані зміною зовнішніх впливаючих величин.

- Зміна свідчень, викликана зміною в 2 рази значення рівня яскравості, що нормується в технічних умовах на пірометри спектрального відношення, не повинна перевищувати половини межі основної похибки пірометра, що припускається.

- Зміна свідчень, викликана зміною напруги живлення від вказаного, не повинна перевищувати половини межі основної похибки пірометра, що припускається.

Для пірометрів з межею основної похибки, що припускається, $\pm 0,5\%$, що не перевищує, нормальну температуру приймають рівною $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, а значення свідчень допускається встановлювати рівним значенню межі основної похибки пірометра, що припускається, в перерахунку на кожні $10 ^\circ\text{C}$ зміни температури навколишнього повітря.

- Зміна свідчень, викликана впливом зовнішнього змінного магнітного поля напруженістю 400 А/м з частотою $(50 \pm 1) \text{ Гц}$, при самій несприятливій фазі і напрямі поля не повинно перевищувати $0,5$ або $1,0$ межі основної похибки пірометра, що припускається.

- Номінальні статичні характеристики перетворення встановлюють в технічних умовах на перетворювачі конкретних типів.

- Час встановлення свідчень (вихідних сигналів) пірометрів вибирають з ряду: $0,001$; $0,0025$; $0,005$; $0,010$; $0,025$; $0,050$; $0,100$; $0,250$; $0,500$; $1,00$; $2,000$; $2,500$ з (без пристрою інтеграції).

Конкретні значення часу встановлення свідчень (вихідних сигналів) встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

Вимоги до надійності: Пірометри є відновлюваними виробами, що характеризуються експоненціальним законом розподілу середнього напрацювання на відмову.

- Вимоги і номенклатура показників надійності - по ГОСТ 27883.

- Критерії відмов і граничних станів пірометрів встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів.

- Середнє напрацювання на відмову пірометрів має бути не менше 15000 ч.
- Середній термін служби пірометрів має бути не менше 9 років.
- Вимоги до пірометрів в транспортній тарі і стійкості до зовнішніх впливаючих чинників встановлюють в технічних умовах ГОСТ 12997.
- Вимоги безпеки пірометрів встановлюють в технічних умовах на пірометри конкретних типів по ГОСТ 12.2.007.0 і ГОСТ 12.3.019.
- Номенклатура показників якості, рекомендованих при розробці технічних завдань і технічних умов на пірометри конкретних типів, приведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Номенклатура показників якості, використовувана при розробці технічного завдання і технічних умов на пірометри конкретних типів

Номер показника	Найменування показника
1 Показники призначення	
1.1	Діапазон вимірювання температури, °С
1.2	Межа допустимої похибки, °С чи %
1.3	Межа допустимої інструментальної похибки пірометра, °С чи %
1.4	Час встановлення показників (вихідних сигналів)
1.5	Показник візування
1.6	Найбільш допустиме змінення значень метеорологічних характеристик, викликане змінням зовнішніх впливаючих величин
1.7	Номинальна статична характеристика перетворення пірометричного перетворювача
1.8	Число діапазонів вимірювання
1.9	Стійкість до зовнішніх вібраційним впливам, прискоренню, та іншим навантаженням
1.10	Ступінь захисту
1.11	Стійкість до впливу температури навколишнього повітря, °С, стійкий до впливу вологості навколишнього повітря, %
1.12	Наявність корекції показників на випромінення властивостей

Продовження таблиці 3.2 Номенклатура показників якості, використовувана при розробці технічного завдання і технічних умов на пірометри конктертных типів

2 Показники надійності	
2.1	Середнє відпрацювання на відмову, ч.
2.2	Середній строк служби, рок.
3 Показники економного використання сировини, матеріалів та енергії	
3.1	Вживана потужність, Вт
3.2	Маса, кг
3.3	Габаритні розміри, мм

3.2 Методика атестації та повірка пірометричних перетворювачів

Дана методика розроблена на основі ГОСТ 8.080 - 80

"Державний первинний еталон і загальносоюзна перевірочна схема для засобів виміру температури в діапазоні 273,15 - 6300 " і відповідає перевірочній схемі.

Операції і засоби атестації і повірки.

При атестації і повірці повинні виконуватися наступні операції:

- зовнішній огляд;
- випробування;
- визначення часу виходу пірометрического перетворювача на робочий режим;
- визначення відповідності свідчень пірометричного перетворювача температурі; порожнини моделі абсолютно чорного тіла;
- визначення дрейфу свідчень пірометричного перетворювача;
- визначення основної абсолютної похибки виміру температури;

При проведенні атестації і повірки повинні використовуватися такі засоби:

- годинник електронний, наприклад " Електроніка 5 " ГОСТ 26272-84Е;
- вольтметри універсальні цифрові В7.34 або В7.39

ГОСТ 26.009.80;

- випромінювач робочий еталон ВЭТ 48/34.3/23.90, або МТП.2 М, або випромінювач АЧТ .12/800/2500.

Усі вказані засоби вимірів повинні мати відповідні документи про перевірку або атестацію. Робота з вказаними засобами вимірів повинна проводитися в

відповідності з документацією на них. До повірки допускаються особи, що мають кваліфікацію держповерителя. При проведенні атестації і повірки слід дотримувати вимоги безпеці, викладені в ТЕ на випромінювач.

Умови атестації, повірки і підготовки до них.

При проведенні атестації або повірки повинні дотримуватися наступні умови: температура навколишнього повітря, про $3 \pm 20 + 5$ відносна вологість повітря, % 60 ± 15 атмосферний тиск, кПа $101,325 \pm 3,000$

У приміщенні, в якому проводять атестацію або перевірку, мають бути нехтує малі:

- удари, вібрації, потужні джерела змінних електромагнітних полів;
- засвічення зразкового пірметра або компаратора від сторонніх джерел випромінювання;

- пари кислот, лугів, а також гази, що викликають корозію.

Вимірювальні термометри, призначені для виміру температури випромінювача, повинні мати свідчення про атестацію чи перевірку. Комплекти пірметричних, що атестовуються (що повіряються) перетворювачів і еталонного (роочого) випромінювача мають бути зібрані і встановлені відповідно до технічного опису і інструкціями з експлуатації.

Проведення атестації і повірки

Зовнішній огляд. При зовнішньому огляді повинно бути встановлено:

- відповідність комплектності пірметричного перетворювача вимогам технічній документації (ТД);

- відсутність зовнішніх ушкоджень комплекту атестовується (що повіряється) пірметрического перетворювача;

– наявність свідоцтва про атестацію або перевірку вимірювальних термометрів, чи робився ремонт за міжперевірочний інтервал (по документах).

Пірометричний перетворювач, що не задовольняє цим вимогам до атестації або повірки не допускають.

Опробування. Підготовлений і зібраний пірометричний перетворювач вмикають і перевіряють його працездатність в відповідності з технічним описом і інструкцією по його експлуатації. Пірометричний перетворювач, у якого при випробуванні виявлена несправність, до атестації (повірки) не допускають.

Визначення часу виходу пірометричного перетворювача на стаціонарний режим і визначення дрейфу свідчень пірометричного перетворювача.

Для визначення часу виходу пірометричного перетворювача на стаціонарний режим на нижньому рівні температурного діапазону встановлюють на регулювальнику випромінювача установки, відповідні нижній межі температури включають випромінювач і виводять його на заданий стаціонарний режим згідно інструкції з його експлуатації. Після витікання часу виходу випромінювача на заданий стаціонарний режим (t_{B1}) виробляють перевірку дрейфу пірометричного перетворювача таким чином. Після виходу випромінювача на стаціонарний режим (t_{B1}), в течії 15 хв, через кожні 10 - 15 сек визначають значення температури за свідченнями пірометричного перетворювача. Визначають середнє арифметичне значення температури з виміряних значень протягом перших п'яти хвилин. Якщо середнє арифметичне значення температури відрізняється один від одного не більш, ніж на 3 % пірометричний перетворювач вважається витримав випробування при цих параметрах (час виходу на стаціонарний режим і температурний дрейф пірометричного перетворювача).

Якщо набутих середніх арифметичних значень температури відрізняються один від одного більш ніж на значення дрейфу, то пірометричний перетворювач при перевірці бракують. Включають випромінювач і після закінчення часу виходу випромінювача на стаціонарний режим на верхньому рівні температурного діапазону роботи випромінювача (t_{B2}) повторюють операції.

Визначення основної абсолютної похибки виміру температури
Зібрати робоче місце відповідно до рис. 2.2 застосування. Підготувати модель АЧТ до роботи згідно з керівництвом по експлуатації на АЧТ, встановивши верхнє значення температурного діапазону пірометрического перетворювача. Встановити робочу відстань 1000 ± 5 мм між об'єктивом пірометрического перетворювача і діафрагмою моделі АЧТ. За допомогою мікрометричних гвинтів 1 і 2 навести пірометричний перетворювач по максимуму свідчень на випромінюючу порожнину АЧТ. По черзі провести 5 вимірів пірометрическим перетворювачем дійсної температури порожнини моделі АЧТ відповідно до експлуатаційних документів на АЧТ витрачаючи на кожен вимір не більше 15-20 сек. Знайти середні значення свідчень пірометрического перетворювача $T_{\text{вим}}$ і дійсної температури АЧТ ($T_{\text{АЧТ}}$).

Визначити основну абсолютну похибку пірометричного перетворювача по формулі:

$$\Delta = T_{\text{изм}} - T_{\text{АЧТ}}. \quad (3.1)$$

Визначити відносну приведену похибку пірометричного перетворювача по формулі:

$$\delta = (T_{\text{изм}} - T_{\text{АЧТ}}) / (T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}}), \quad (3.2)$$

де T_{MAX} - паспортне значення максимальної температури вимірюваною пірометрическим перетворювачем, T_{MIN} .

Паспортне значення мінімальної температури, вимірюваної пірометричним перетворювачем. Відносна похибка виміру повинна відповідати вказаною у паспорті.

Оформлення результатів повірки. При позитивних результатах повірки на пірометричний перетворювач видається свідоцтво про повірку. При негативних результатах повірки на пірометричний перетворювач видається свідоцтво про непридатність з вказівкою причин непридатності.

Для пірометричних перетворювачів в цілому встановлюється міжперевірочний інтервал 2 року.

Включають випромінювач і після закінчення часу виходу випромінювача на стаціонарний режим на верхньому рівні.

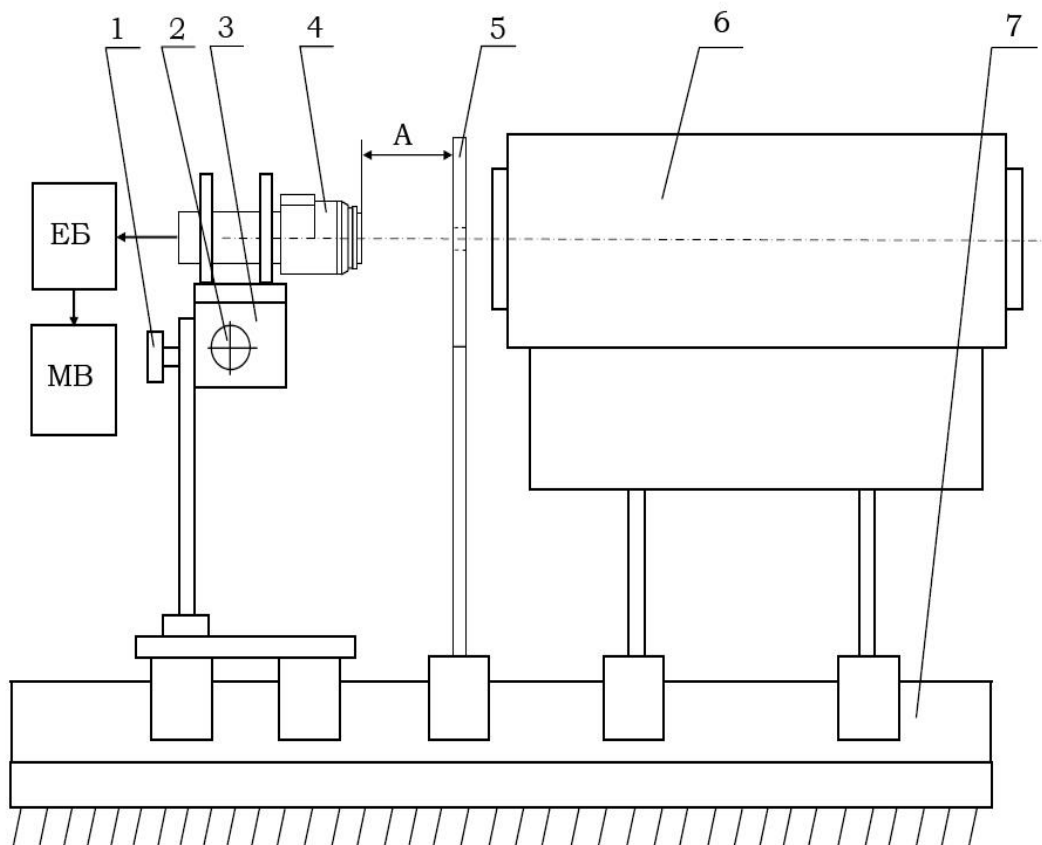


Рисунок 3.1 - Схема робочого місця повірки і атестації

- де : А - робоча відстань ;
- ЕБ – електронний блок ;
- МВ – мілівольтметр;
- 1,2 – мікрометричні гвинти;
- 3 - штатив;
- 4 – пірометричний перетворювач;
- 5 – ірисова діафрагма;
- 6 – модель АЧТ
- 7 – оптична скам'я

Перевірка працездатності електричного блоку пірометричного перетворювача полягає у наступному : Зібрати схему, зображену на рис. 3.2.

Включити електронний блок, натиснувши на кнопку включення живлення "мережа" розташовану на його корпусі. При цьому на кнопці повинен спалахнути червоний світлодіод, що свідчить про наявність мережевої напруги. За допомогою вольтметра проконтролювати напругу між клемми 2 і 3 клемні ряди ХТ1. Воно повинне складати 30 ± 2 В.

Встановити в положення "тест" клавішу включення режиму тестування електронного блоку розташовану на його корпусі (при цьому електронний блок перейде в режим тестування). Проконтролювати по мілівольтметру (mV) вихідну напругу електронного блоку. Його значення повинне лежати в межах (13,83-17,55) мВ, що відповідає температурі (1700. 1800)°С.

Перевірка працездатності пірометричного перетворювача.

При цій перевірці електронний блок пірометричного перетворювача має бути заздалегідь перевірений згідно п. 1 справжньої інструкції.

Пірометричний перетворювач має бути встановлений на об'єкті, підключений відповідно до схеми, і правильно зв'язаний.

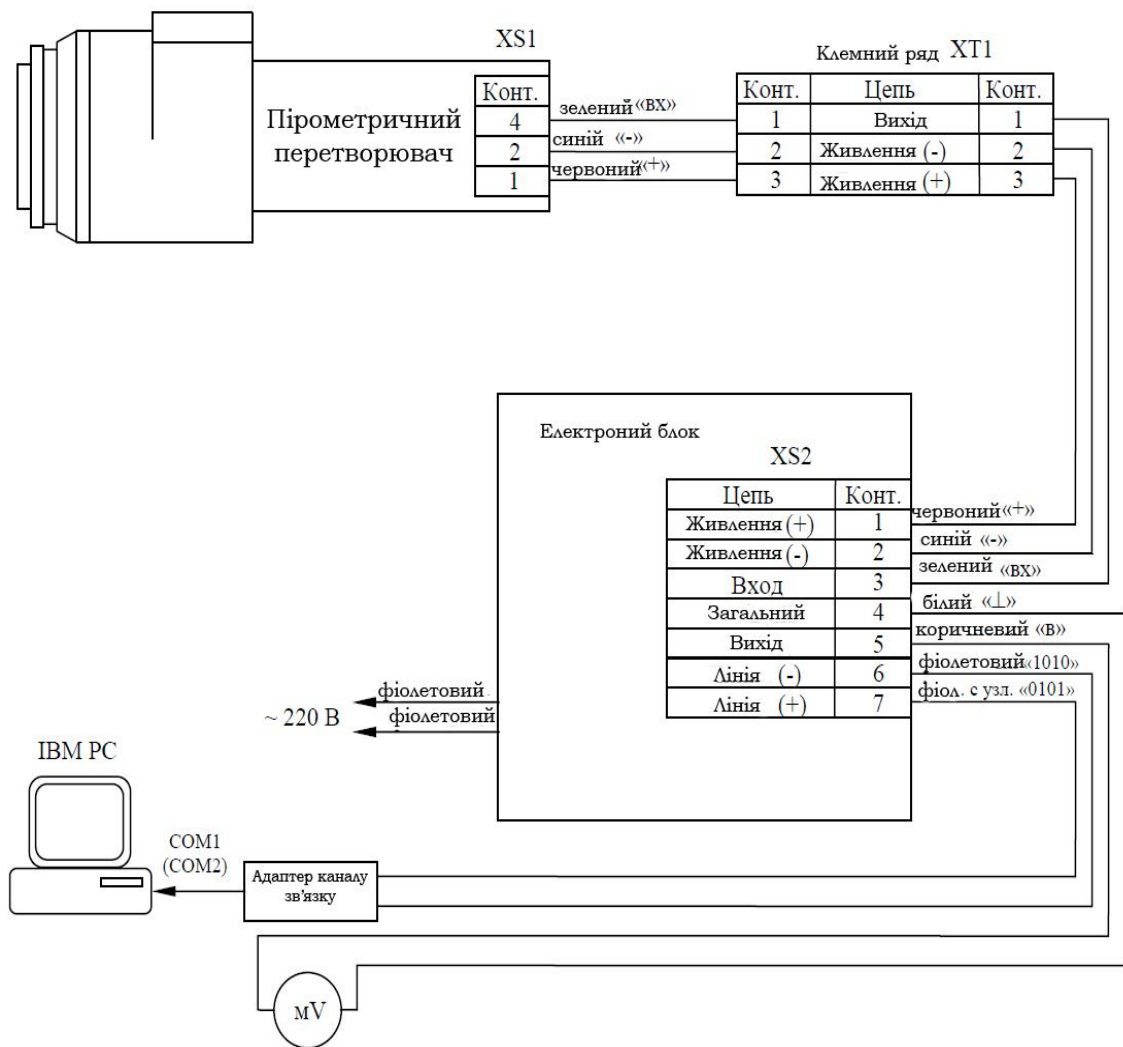


Рисунок 3.2 - Схема електричних підключень пірометричних перетворювачів

Включити електронний блок, натиснувши на кнопку включення живлення "мережа" розташовану на його корпусі. Від'єднати від пірометричного перетворювача роз'єм XS1 і проконтролювати за допомогою вольтметра напругу між його контактами 1 і 2. Воно повинне складати 30 ± 2 В. Приєднати роз'єм XS 1к пірометричному перетворювачу
 почекаати 5 хвилин (в цей час пірометричний перетворювач виходить на робочий режим) і проконтролювати за допомогою вольтметра напругу між клемми 2 і 3 клемні ряди XT1. Його значення не повинне

відрізнятися від виміряного більш, ніж на 10 %. Від'єднати від контакту 1 клемного ряду ХТ1 зелений дріт що йде до пірометричного перетворювача і підключити між ними міліамперметр із струмом повного відхилення не менше 5 мА. ("плюс" міліамперметра до зеленого дроту, "мінус" до контакту 1). Зафіксувати свідчення міліамперметра, і визначити по градуювальній характеристиці пірометричного перетворювача температуру контрольованого об'єкту. Після завершення перевірки необхідно знову підключити зелений дріт до клемного ряду ХТ1.

3.3. Перевірка та калібрування пірометрів

З ухваленням міжнародної температурної шкали МТШ-90 система передачі одиниці температури в радіаційній термометрії стала забезпечуватися відповідно до ГОСТ 8.558-93 частини три «Радіаційні термометри».

Особливістю метрологічного забезпечення радіаційної термометрії в МТШ-90 стала значна зміна робочих засобів вимірювання. Частка візуальних термометрів на які була розрахована стара перевірна схема ГОСТ 8.080-80, скоротилася за даними ВНІІМ з 70% до 25-30%. У зв'язку із зміною номенклатури пірометрів, реалізація передачі одиниці температури від зразкового засобу вимірювання до робочим, з використанням температурних ламп, стала практично неможливою, та і температурні лампи перестали випускатися. Перевірна схема ГОСТ 8.558-93 частина 3 стала базуватися на застосування еталонних випромінювачів чорного тіла і прецизійних пірометрів з похибкою не більше 0,2%.

У розвитку ГОСТ 8.558-93 частина 3 в 1996 році були розроблені ГОСТ 8.566-96 «Вимірники еталонні (зразкові) у вигляді моделі абсолютно чорного тіла для діапазону температур від -50 до +2500 °С. Методика атестації і перевірки» і ГОСТ 28243-96 «Пірометри. Загальні технічні вимоги».

Виходячи з вищевикладеного, калібрування і перевірка пірометрів повинні здійснюватися з використанням еталонних випромінювачів.

Застосування еталонних випромінювачів дозволяє побудувати всю шкалу і охопити практично всю номенклатуру пірометрів. Відповідно виникає завдання по розробці і організації випуску абсолютно чорних тіл діапазону температур $-50-2500\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому слід зазначити, що випромінювачі у вигляді моделі АЧТ є еталонними заходами температури змінного значення. Про ситуацію в країні що склалася в процесі розробки, випуску і оснащення метрологічних лабораторій при впровадженні МТШ-90 викладено у статті директора ВНІІМ А. Походуна.

Виходячи з технічних характеристик пірометрів і проведених розрахунків, були прийняті наступні вимоги до випромінювачів:

- для перевірки пірометрів в діапазоні температур $-40-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ - апертура порожнини (діаметр) 100-170 мм;

- для перевірки пірометрів в діапазоні температур $100-1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - апертура порожнини (діаметр) 50-70 мм;

- для перевірки пірометрів в діапазоні температур $900-3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ - апертура порожнини (діаметр) 10-30 мм;

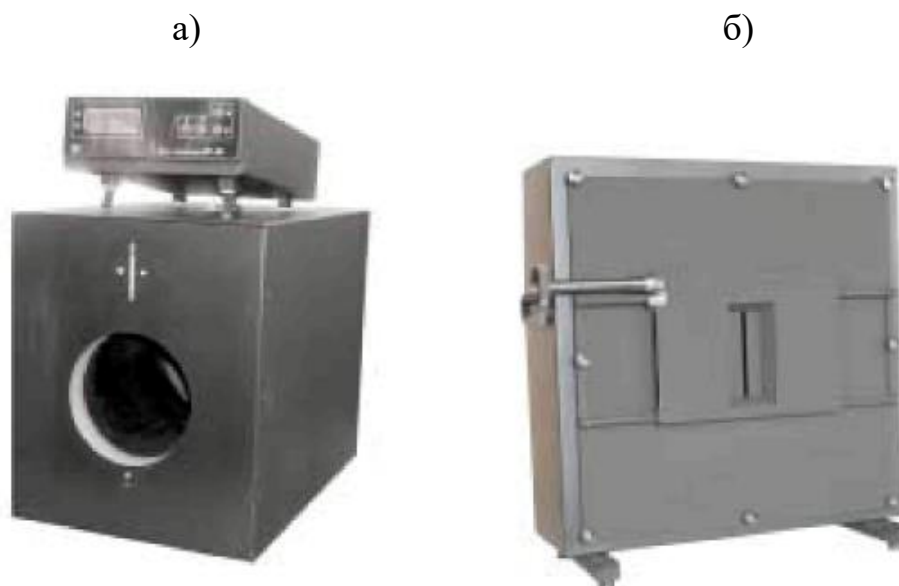


Рисунок 3.3 - а) - АЧТ-165/40/100; б) - ПЧТ 540/40/100

Дотримуючись цих вимог діапазон температур — апертура порожнини на ВАТ НПП «Еталон» розроблений ряд випромінювачів типу абсолютно чорне тіло для інтервалів температур -40- 40 °С (НЧТ-100/-40/40); 40-95 °С (АЧТ-165/40/100), (ПЧТ-540/40/100); 100-1100°С (АЧТ-45/100/1100) і 900-2800 °С (ВЧТ-30/900/2500), (МЧТ-2/900/2800), які можуть є початковими засобами градування і повірки всіх пірометрів експлуатованих на сьогоднішній день в Росії.

НЧТ-100/-40/40 - модель низькотемпературного абсолютно чорного тіла, що розробляється на сьогоднішній день, призначена для повірки і калібрування пірометрів в діапазоні температур від -40 °С до 40 °С, виконана в металевому корпусі у вигляді резервуару, де реалізована ідея рідинного термостата. У середині резервуару розташована порожнина виконана у вигляді циліндра з гофрованим дном, розмір порожнини глибина - 200 мм, діаметр - 130 мм. Діаметр випромінювача - 100 мм. Коефіцієнт випромінювання порожнини, рівний 0,996, є розрахунковим і забезпечується конструкцією і покриттям порожнини. Забезпечення необхідної температури теплоносія в резервуарі досягається нагрівачами і спіраллю теплообмінника з холодильним агрегатом.

Для досягнення однорідності температури дна і стінок випромінювача, здійснюється примусове перемішування теплоносія за допомогою мішалки. Підтримка температури здійснюється автоматично за допомогою датчика, розташованого в резервуарі, і регулятора нагріву модуля управління. Модель, що розробляється, може мати два варіанти конструкції, перший - як самостійний виріб і друге - як блок випромінювача, КР-40-2, що підключається до кріостату.

АЧТ-165/40/100 - випромінювач у вигляді моделі абсолютно чорного тіла другого розряду призначений для настройки і градування засобів безконтактного вимірювання температури (пірометрів повного і часткового ви-

промінювання, скануючих пірометрів і тепловізійних систем, телескопів і інших засобів) в діапазоні температур від 40 °С до 95 °С у лабораторних і цехових умовах. Конструкція і принцип роботи аналогічний НЧТ 100/-40/40. Випромінювач може використовуватися як для діапазону температур 40-95 °С (табл. 3.3 з теплоносієм - вода, що дистилує), так і для діапазону температур - мінус 30 - 10 °С (з теплоносієм - спирт і з розміщенням самого випромінювача в камері холоду), а при використанні поліметалл-силіконової рідини ПМС-100 ГОСТ 13032-77 і до 200 °С.

Таблиця 3.3 - Порівняльні технічні характеристики випромінювача ПЧТ-540/40/100 і М315х4 фірми Мікрон (США)

Технічні характеристики випромінювача	ПЧТ 540/40/100	М315х4
Діапазон відтворених температур	40 - 95°С	5 – 200
Коефіцієнт чорноти поверхні	0,96±0,005	0,97±0,01
Нестабільність підтримки температури не менше, °С/хв	±0,02	±0,01
Нерівномірність температурного поля, по робочій області випромінювача не більш, °С	±0,1	±0,3 при 100 °С
Робоча область випромінювача, мм	110x110 при 95 °С	101x101

АЧТ-165/40/100 зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювань під №23396-02 (рис. 4.1). Технічні характеристики підтверджені в ході Державних випробувань (Сертифікат про затвердження типу засобів вимірювань RU.E.32.010.A №12886).

Для нагріву порожнини використовуються електронагрівальні елементи, розташовані усередині резервуару, і теплоносій (вода, що дистиллює), для заправки якого на верхній панелі корпусу є заливна горловина, і для досягнення однорідної температури дна стінок порожнини здійснюється примусове перемішування теплоносія за допомогою спеціального насоса. Створюваний насосом потік теплоносія передає температуру від нагрівачей дну і стінкам порожнини. Підтримка температури випромінюючої порожнини здійснюється автоматично за допомогою датчика, розташованого в резервуарі, і блоку управління БУ-1М.

ПЧТ-540/40/100 — випромінювач у вигляді моделі протяжного чорного тіла призначений для перевірки діапазону і визначення похибки тепловізійних приладів (тепловізійних і термографічних систем, скануючих пірметрів і інших засобів безконтактного контролю температури) в діапазоні температур від 40 °С до 95 °С, а також визначення кута поля зору і геометричних параметрів дозволу по горизонталі і вертикалі. Основною частиною моделі ПЧТ є випромінювач протяжний тепловий. Випромінювач протяжний тепловий виконаний в металевому корпусі, з лицьового боку якого розташована випромінююча поверхня, вбудована в рідинний термостат, яка має спеціальне покриття, що забезпечує заданий коефіцієнт чорноти. На корпусі ПЧТ передбачені місця кріплення міри для перевірки тепловізійних приладів.

На сьогоднішній день ПЧТ-540/40/100 є єдиним в Росії засобом перевірки, калібрування і градування тепловізорів і скануючих пірметрів на відповідність «Р50.2.012-2001 ГСИ Прилади тепловізійні. Методика перевірки». На малюнку 2 приведена модель ПЧТ з мірою із змінною щільною.

ПЧТ-540/40/100 зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювань під №26476-04. Технічні характеристики підтверджені в ході Державних випробувань (Сертифікат про затвердження типу засобів вимірювань RU.E.32.001.A №17005).

Випромінювальну здатність його робочої поверхні оцінювали шляхом звірення ПЧТ-540/40/100 з вторинним еталонном енергетичної яскравості і температури по інфрачервоному випромінюванню.

Розподіл температури по поверхні випромінювача оцінювали двома методами:

- контактним - з використанням поверхневого датчика на базі термістора, розробленого у ВНІІМ з похибкою вимірювання $\pm 0,03$ °С;

- неконтактним - за допомогою зразкового пірометра 1-го розряду.

Вході досліджень отримані наступні результати:

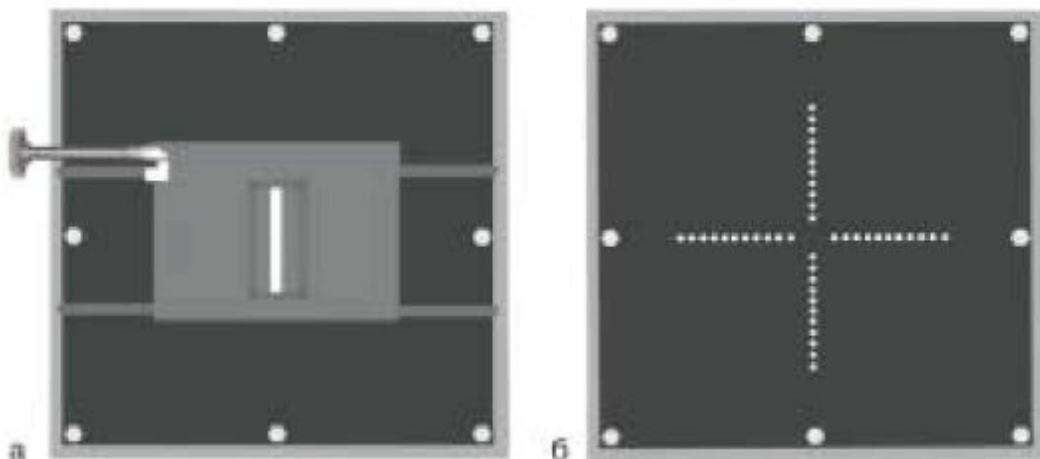
- максимальне відхилення свідчень термометра від центральної крапки по робочій області не перевищує $0,07$ °С у діапазоні температур $40-60$ °С і $0,09$ °С у діапазоні $60-95$ °С ;

- максимальне відхилення свідчень зразкового пірометра від центральної крапки по робочій області в діапазоні температур $40-95$ °С не більше $0,1$ °С в області 110×110 мм.

Крім того, проведені тепловізійні дослідження даного випромінювача. Дослідження показали:

- при температурі 40 °С - нерівномірність температурного поля по робочій поверхні 500×500 мм не перевищує $0,1$ °С;

- при температурі 95 °С - нерівномірність температурного поля $0,1$ °С зберігається в межах зони 110×110 мм.



а)

б)

Рисунок 3.4 – Міри

За допомогою системи АЧТ+міри визначають поріг температурної чутливості, нерівномірність чутливості тепловізора по полю, а також збіжність показів тепловізора. З допомогою світи зі змінною щільною (рис. 3.4.а) визначається просторове (кутове) дозвіл повіряюмого тепловізора, а світи з хрестовими мітками (рис. 3.5. б) - кут поля зору.

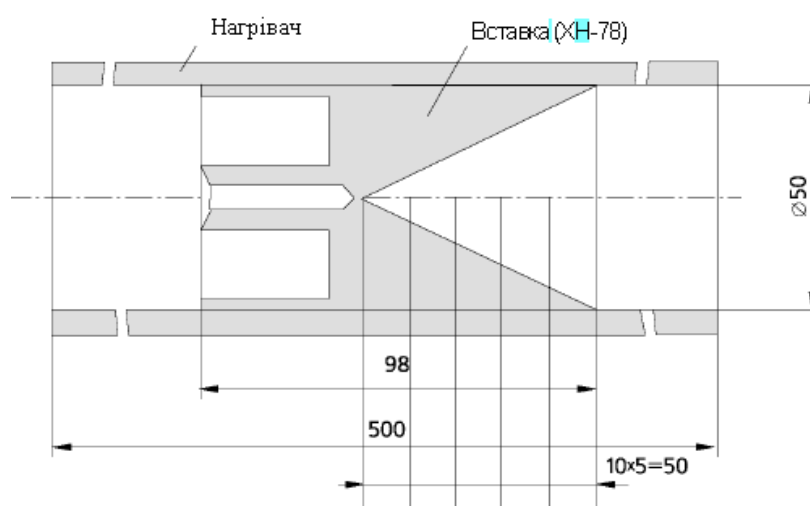


Рисунок 3.5 - Габаритні розміри випромінювача

АЧТ-45/100/1100 - випромінювач у вигляді моделі абсолютно чорного тіла другого розряду призначений для настройки і градування засобів безконтактного вимірювання температури (пірометрів і пірометричних перетворювачів повного і часткового випромінювання, скануючих пірометрів і тепловізійних систем) в діапазоні температур від 100 °С до 1100 °С у лабораторних і цехових умовах. Основною частиною випромінювача є трубчаста пекти, в робочому просторі якої встановлена вставка з нікелю з конічною випромінюючою порожниною (рис. 3.5).

АЧТ розроблене на базі печі МТП-2МР, що випускається на підприємстві, укомплектоване еталонною термопарою ППО 1 розряду, термостатом холодних кінців, блоком управління БУ-1М з вбудованим регулятором температури.

АЧТ-45/100/10 зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювань під №23395-02. Технічні характеристики підтверджені в ході Державних випробувань (Сертифікат про затвердження типу засобів вимірювань RU.E.32.010.A № 12885).

Таблиця 3.4 - Звірення еталонного пірометра ПД4-06 з температурною лампою СІ 10-300 і МЧТ-2/900/2800

Випромінювач	Свідчення пірометра ПД4-06 °С
Температурною лампою СІ 10-300	1201
МЧТ-2/900/2800	1199

Кут конічної порожнини і положення вставки щодо торців печі розраховані так, щоб забезпечити необхідну випромінювальну здатність і мінімальний градієнт температури по поверхні конуса. Ефективна випромінювальна здатність і геометрія випромінювача були розраховані у ВНІОФІ методом математичного моделювання на основі методу Монте-Карло за програмою STEEP3.

Чорні тіла, що працюють при температурах вище 600 °С, можуть мати значно менші вихідні отвори, оскільки пірометри, що працюють при таких температурах, мають показник візування не меншого 1/40 (зазвичай 1/50), а при температурах вище 900 °С і того менше 1/100. Тому для інтервалу температур вище 900 °С набули поширення трубчасті графітові випромінювачі, що нагріваються струмом, що проходить, типа ВЧТ-30/900/2500 для інтервалу 900-2500 °С і МЧТ-2/900/2800 (мала модель) - для інтервалу 900-2800 °С.

Обидва випромінювачі мають аналогічні принципи роботи і відрізняються головним чином розмірами, зокрема розмірами вихідного отвору порожнини.

ВЧТ-30/900/2500 - призначений: для градування, калібрування і перевірки робочих засобів вимірювання температури (пірометрів і пірометричних перетворювачів повного випромінювання, часткового випромінювання і спектрального відношення) в діапазоні температур від 900 до 2500 °С у лабораторних умовах; для калібрування і перевірки еталонних пірометрів із застосуванням точок твердіння чистих металів (крапок реперів). При розробці конструкції АЧТ використовували досвід розробників ВНІІМ, ІВТАН і ВНІОФІ.

Підсумкова конструкція АЧТ є увязненою у водоохолоджуваний корпус і оточену теплоізолюючим шаром випромінюючу порожнину, сформовану внутрішніми стінками полого циліндрового випромінювача, виконаного з графіту електричного струму, що нагрівається пропусканням, що проходить безпосередньо по стінках випромінювача. АЧТ (рис. 4.4) виконане у вигляді моноблоку і складається з випромінювача, шафи управління, пірометра зворотного зв'язку ПСД-1 і еталонного пірометра ПД4-06. Ефективний коефіцієнт випромінювання порожнини не меншого 0,99 гарантується її конфігурацією і конструкцією печі. Порівняно з метрологічним устаткуванням, яке пропонують ділери від іноземного виробника, модель АЧТ-30/900/2500 не гірша за аналоги даного типу.

Випромінювача АЧТ-30/900/2500, розроблений за технічним завданням Всеросійського науково-дослідного інституту ім. Д.И. Менделєєва (Вніі-ма). Використовується для реалізації точок фазового переходу (плавлення - твердіння) чистих металів в забезпеченні (рис. 3.5) АЧТ-30/900/2500 єдності вимірювань відповідно до міжнародною температурною шкалою МТШ-90.

Для передачі одиниці температури розроблений і сертифікований еталонний пірометр ПД4-06, діапазону температур 800-2500 °С з похибкою 0,1 МЧТ-2/900/2800 - випромінювач у вигляді малого чорного тіла, особливість моделі малі габарити і мале енергоспоживання.

АЧТ призначений для калібрування пірометрів випромінювання і інших оптичних спектральних приладів в області температури 900-2800 °С. Випромінювач виконаний у вигляді замкнутої циліндрової порожнини (трубки) з графіту мазкі МПГ-6, в центрі якої з одного боку прорізає вертикальна щілина.



Рисунок 3.5 - АЧТ-30/900/2500

Корпус, в якому встановлений випромінювач, утворюють герметичну модель, заповнену аргоном, що забезпечує достатній ресурс роботи графітового випромінювача. Модель АЧТ складається з корпусу з випромінювачем, пірометра зворотного зв'язку, який є регулятором температури і джерела живлення. Дана модель була розроблена спільно з д.т.н. А.В. Коста-новським (Інститут високих температур РАН). На підприємстві були проведені звірення еталонного пірометра ПД4-06 з температурною лампою СІ 10-300 і МЧТ-2/900/2800, результати звірення представлені в таблиці 3.4.

За наслідками звірення можна зробити висновок, що МЧТ-2/900/2800 можливо використовувати замість температурних ламп.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено і організовано виробництво еталонного устаткування, що забезпечує відтворення

одиниці температури на основі МТШ-90, відповідно до Державної перевіркової схеми для засобів вимірювання температури ГОСТ 8.558-93,

ВИСНОВКИ

Таким чином, результати дослідження загальних особливостей, характеристик, конструкції та принципу дії пірометрів, а також вивчення методики проведення процедури безконтактного вимірювання температури, дозволили запропонувати оригінальну методику впровадження пірометричного комплексу щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки на підприємстві. Доведена можливість використання датчика пірометричного ефекту у якості датчика пожежної сигналізації.

Між іншим, за результатами проведеної роботи, можна зробити висновок про те, що пірометри, в наш час, є досить поширеним обладнанням для контролю і безконтактного вимірювання температури у багатьох галузях виробництва і промисловості. Діапазон використання, описаних у роботі приладів, є досить широким і дозволяє здійснювати виміри температури у важкодоступних місцях, а також проводити контроль температури за допомогою цих приладів з віддалених точок. Це дозволяє вивести безпеку технологічних процесів на рівень стабільної та оптимальної працеспроможності як окремих вузлів електрообладнання так і важливого обладнання промисловості, яке працює під високими струмом та напругою.

Надзвичайно корисним є використання програмного забезпечення, що дозволяє здійснити обробку даних на ПЕВМ. Для цього використовується мова програмування C++ у середовищі візуальної розробки додатків Visual C++ v7.0. Програмне забезпечення ПЕВМ забезпечує: прийом даних від блоку управління, або прочитування даних з файлу; можливість збереження даних для наступної обробки; обробку отриманих даних (фільтрація, згладжування); обчислення координат вогнища займання; візуалізацію результатів.

Відносно безпеки працюючий пристрій повинен відповідати вимогам

ГОСТ 28243-96 та ГОСТ 12.2.006 і забезпечувати електробезпеку, пожежобезпеку, механічну міцність і інші вимоги при монтажі, експлуатації, обслуговуванні і ремонті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борьба со взрывами в угольных шахтах/М.И. Нецепялев, А.И. Любимова, П.М. Петрухин и др. - М.: Недра, 1992. - 298 с.: ил.
2. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний. - М.: Стойиздат, 1988. . 336 с.: ил.
3. Биргер И.А. Техническая диагностика. . М.: Машиностроение, 1978. . 240 с.: ил.
4. Цыпкин Я. З. Основы теории обучающихся систем. . М.: Наука, 1970. 251 с.
5. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 200. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 560 с.
6. Ковальчук В.В., Моїсеєв Л.М., - „Основы наукових досліджень”. Під науковою редакцією доктора математичних наук, професора В.О.Дроздова, Київ 2008, - 132с
7. Е. М. Воронкова, Б. Н. Гречушников, Г. И. Дистлер, И. П. Петров Оптические материалы для инфракрасной техники. 1965г
8. Справочник по инфракрасной технике. / Ред. У. Волф, Г.Цисис. Проектирование инфракрасных систем: Пер. с англ: В 4-ч тт. . М.: Мир, 1999. Т.4. . 472 с.: ил.
9. Шагурин И.И. Микропроцессоры и микроконтроллеры фирмы Motorola: Справочное пособие. . М.: Радио и связь, 1998. . 560 с.: ил.
10. Криксунов Л.З., Волков В.А., Вялов В.К. „Справочник по приборам Инфракрасной техники”. – К.: Техника, 1980. – 380с
11. Самовозгорание и взрывы пыли натуральных топлив / В.В. Померанцев, С.Л. Шагалова, В.А. Резник и др.- Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1978.

12. Захаренко Д.М. Проблемы раннего обнаружения очагов пожаров и взрывов угольной пыли // Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях, Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 21-23 ноября 2000, Красноярск. . Красноярск; 2000. - с.141-149.
13. Каширин С.И., Леонов Г.В., Станкевич Ю.Л. Пирометрический датчик пожарной сигнализации.
14. Поскачей А.А., Чубаров Е.П. Оптико-электронные системы измерения температуры. М.: Энергоатомиздат, 1988.
15. Свет Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур. - М.: Наука, 1982.
16. Гребнев В.В. Однокристалльные микроЭВМ семейства AT89 фирмы ATMEL. – СПб: FineStreet, 1988.
17. С.Р. Костюковский И.А. Грачев В.В. Виноградов А.И. Грачева
18. «Пирометры (бесконтактные измерители температуры)» ООО КБ «Диполь», Москва, научная статья
19. ГОСТ 12.1.044-83. Пожаровзрывоопасность горючих пылей. Общие требования.
20. Шилдт Г. Полный справочник по C++], 4-е издание.: Пер. с англ.: – М.: Вильямс, 2004. – 800 с.
21. Sony Global – CCD Linear Sensor [Электронный ресурс]. – CCD Linear Sensor. – Режим доступа: www.sony.net/Products/SC-HP/pro/image_senser/ccd_linear.html.
22. Atmel Corporation [Электронный ресурс]. – CCD Image Sensors - Datasheets. – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=614.
23. Pavlov A.N., Terentiev S.A., Povernov E.S., Sypin E.V., Leonov G.V. The Calculation Program of Ignition Center Coordinates Gauge Optical System

[Текст] // International Siberian Workshop And Tutorials On Electron Devices And Materials EDM'2005. – Novosibirsk: NSTU, 2005. – 1-5 July. – p. 93 – 95.

24.ГОСТ 8.080 – 80 "Державний первинний еталон і загальносоюзна перевірна схема для засобів виміру температури".

25.ГОСТ Р 8.619—2006 «Приборы тепловизионные измерительные».

ДОДАТКИ

Додаток А

Графічна частина магістерської роботи

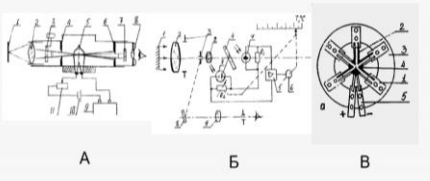
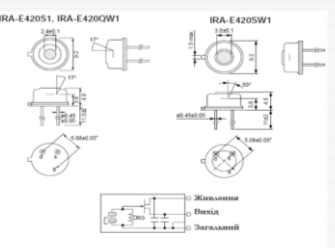
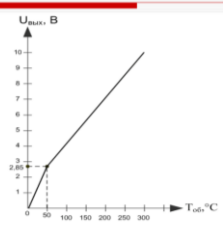
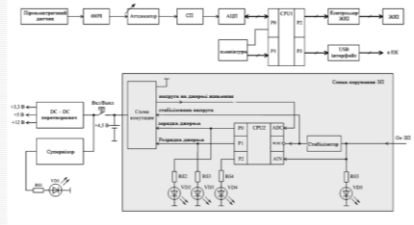

<p style="text-align: center;">Міністерство освіти та науки України Одеський державний екологічний університет</p> <hr/> <h3 style="text-align: center;">Дослідження властивостей датчика на основі пірометричного ефекту з використанням програмного забезпечення Piro Visual</h3>	<h3 style="text-align: center;">Актуальність теми</h3> <p>Продиктована необхідністю проведення дистанційного та безконтактного вимірювання температури. Цей процес ефективно здійснюється за допомогою пірометричних датчиків. Маючи високі показники швидкодії вимірювання критичної температури об'єктів, дозволяє ідеально застосовувати пірометричні прилади у на практиці, зокрема, у якості датчиків пожежної безпеки.</p>	<h3 style="text-align: center;">Мета роботи</h3> <p>Провести аналіз дистанційного та безконтактного вимірювання температури за допомогою пірометричного датчика нового покоління. Дослідження властивостей датчиків та розробка методів обробки та збереження інформації за допомогою програмного пакету Piro Visual</p>
<h3 style="text-align: center;">Задачі дослідження</h3> <p>Згідно до мети роботи вирішувалися наступні задачі:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проведення порівняльного аналізу характеристик пірометричних засобів вимірювання; - розглянуто різновиди та конструктивні особливості пірометричних датчиків; - розробка та впровадження пірометричного комплексу у якості пожежної сигналізації; - надання метрологічного забезпечення даному виду апаратури. 	<h3 style="text-align: center;">Різновиди датчиків на основі пірометричного ефекту:</h3> <p style="text-align: center;">а) - ДЧВ; б) - Сп.В; в) - ДСВ</p> 	<h3 style="text-align: center;">Сучасний датчик IRA - E420</h3> 
<h3 style="text-align: center;">Залежність напруги на виході датчика від температури об'єкту</h3> 	<h3 style="text-align: center;">Функціональна схема приладу</h3> 	<h3 style="text-align: center;">Візування об'єкту</h3> 

Рисунок А.1 – Скріншот презентації магістерської роботи

Додаток А

Графічна частина магістерської роботи

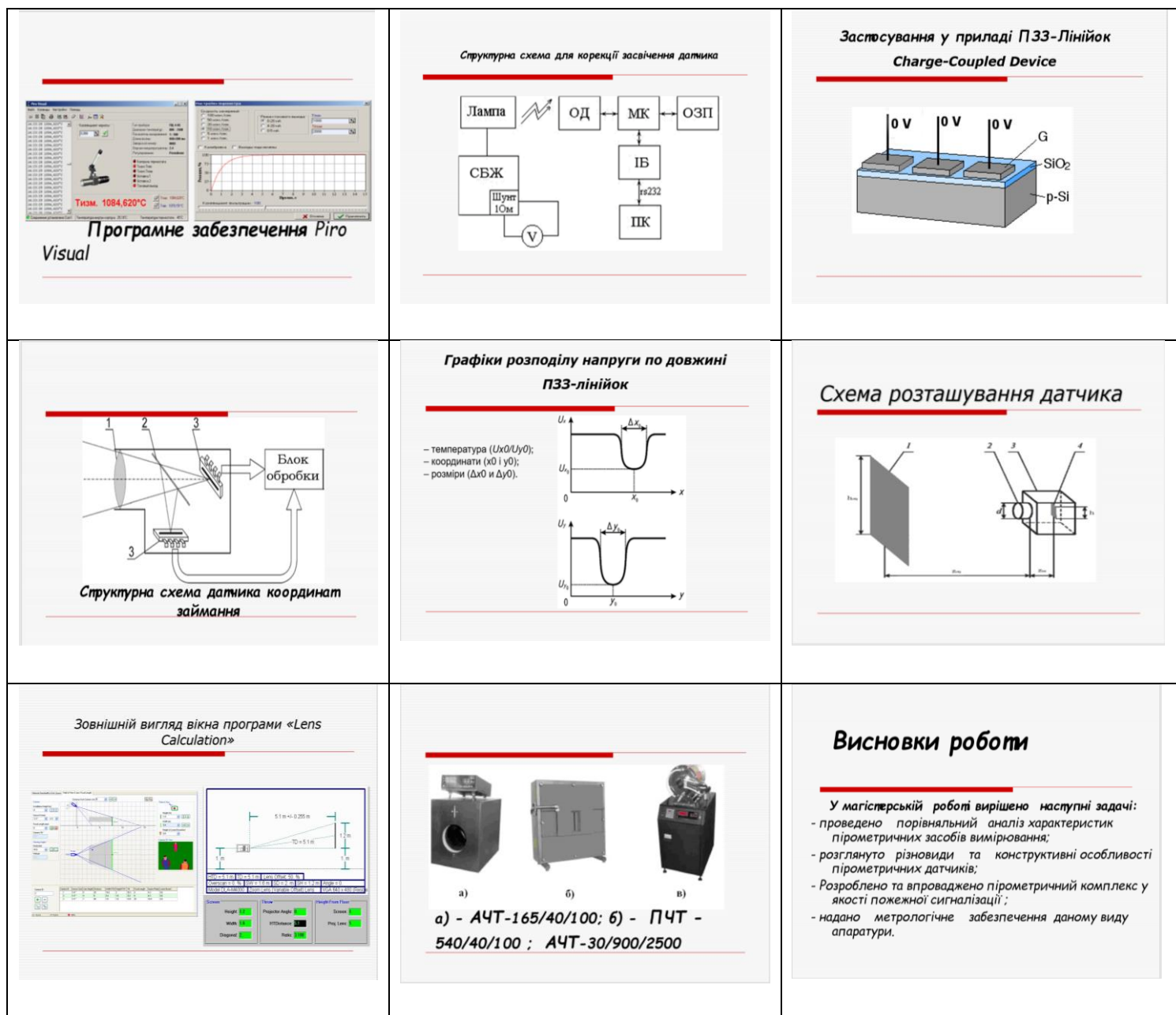


Рисунок А.2 – Скріншот презентації магістерської роботи

Додаток Б

Протокол повірки пірометра

1 Умови проведення повірки

1.1 Вологість.

1.2 Температура довкілля.

2 Результати визначення кутів поля зору по горизонталі і по вертикалі

2.1 Визначення кута поля зору парометра виконане по тепловому тест-об'єкту з мітками.

Температура еталонного (зразкового) протяжного випромінювача

t_s _____ °С.

Робоча відстань до випромінювача R _____ мм.

Миттєвий кут поля зору γ _____ рад.

Кут поля зору пірометра по горизонталі Φ_x _____ град.

Кут поля зору пірометра по вертикалі Φ_y _____ град.

3. Визначення просторового (кутового) дозволу пірометра з кутом поля зору _____ град. по горизонталі і _____ град. по вертикалі

Просторовий дозвіл пірометра визначають по функції реакції на щілину (FRS) в горизонтальному і вертикальному напрямках і вимірюють по тепловому тест-об'єкту із змінною щілиною.

Температура еталонного (зразкового) протяжного випромінювача

t_s _____ °С.

3.1 Результати визначення просторового дозволу парометра

Просторовий дозвіл по горизонталі F_x		Просторовий дозвіл по вертикалі F_y	
У елементах розкладання	В мілірадіанах	В елементах розкладання	В мілірадіанах

4 Результати перевірки діапазону температури і визначення похибки

Температура еталонного (зразкового) випромінювача t_{cp} , °C	Свідчення пірометра t_{cp} , °C	Погрішність свідчень Δt , °C	Допустима погрішність пірометра, °C

5 Результатів визначення порогу температурної чутливості

температура еталонного (зразкового) протяжного випромінювача

t_s _____ °C.

Поріг температурної чутливості $\Delta t_{пор}$ _____ °C.

Дійсна кількість елементів розкладання термограми (чутливих елементів) _____ ел.

6 Результати визначення нерівномірності чутливості по полю

Температура еталонного (зразкового) випромінювача t_{cp} , °C					
Середня виміряна температура t'_{cp} , °C	у верхній правій області термограми				
	у центральній області термограми				
	у нижній лівій області термограми				
	у нижній правій області термограми				
	у верхній правій області термограми				
Максимальне значення з отриманих середніх температур \bar{f}_{max} , °C					
Мінімальне значення з отриманих середніх температур \bar{f}_{min} , °C					
Нерівномірність чутливості по полю δt , °C					

Додаток В

СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

ГОСТ Р 8.566—96 Государственная система обеспечения единства измерений. Излучатели эталонные (образцовые) в виде моделей абсолютно черного тела для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 2500 °С. Методика аттестации и поверки.

ГОСТ 28243-96 Пирометры. Общие технические требования.

ГОСТ 8.395—80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.

ГОСТ 8.558—93 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.

ГОСТ 12.2.007.9—93 (МЭК 519-1—84) Безопасность электротермического оборудования. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 12997—84 Изделия ГСП. Общие технические условия.

ГОСТ 8.558-93 частина три «Радіаційні термометри».

ГОСТ 17441 – 84 «Соединения контактные электрические».

ГОСТ 18953-73. Джерела живлення електричні ГСП. Загальні технічні умови.

ГОСТ 27883-88. Засоби виміру і управління технологічними процесами. Надійність. Загальні вимоги і методи випробувань.

ГОСТ 26.013-81. Засоби вимірів і автоматизації. Сигнали електричні з дискретною зміною параметрів вхідні і вихідні.