

Вінницький національний технічний університет
Кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

Оптико-електронна автоматизована система тепловізійного типу в засобах пожежної безпеки

Виконав студент
групи ЛТО-19м
Вознюк С. І.
Науковий керівник:
к.т.н., доц.
Кожем'яко А. В.

Мета роботи:

Розширення функціональних можливостей засобів пожежної безпеки за рахунок використання оптико-електронної тепловізійної системи та автоматизованого наведення електромеханічного брандспойту за методом визначення центру осередку займання.

Задачі, що вирішуються в роботі:

- Провести аналіз актуальності інфрачервоної термографії, тепловізійних систем, систем автоматичного пожежогасіння та порівняти тепловізійні системи аналогів;
- Розробити структурну схему тепловізійного пристрою, його оптичної системи та оптико-електронної автоматизованої тепловізійної системи пожежогасіння в цілому;
- Розрахувати об'єктив тепловізора для оптико-електронної автоматизованої тепловізійної системи пожежогасіння;
- Провести моделювання методу визначення центру осередку займання;
- Провести оцінювання комерційного потенціалу розробки та прогнозування комерційних ефектів.

Актуальність:

В умовах потужного розвитку науки і техніки надзвичайно важливе значення має застосування сучасних прогресивних методів та засобів в системах автоматичного управління та контролю, зокрема в системах автоматичного пожежогасіння.

З початку 2020 року в Україні зареєстровано більше 100 тисяч пожеж. З них близько 2000 пожеж виникали у будівлях виробничої сфери, громадських та адміністративних спорудах. Ще трохи менше третини пожеж виникали у будинках та спорудах житлового призначення. В середньому щодня виникало 270 пожеж, на яких гинуло 5 і отримувало травми 4 людей, вогнем знищувалося або пошкоджувалося 70 будівель і споруд та 13 одиниць транспортних засобів.

З цієї статистики видно, що пожежі призводять до значних втрат, а тому своєчасне їх виявлення і знешкодження може зберегти життя, майно та інші блага. Найкраще з цим завданням можуть впоратися системи автоматичного пожежогасіння, які, на відміну від систем ручного пожежогасіння та систем керованих оператором, задіюються пожежною автоматикою за об'єктивними показниками й забезпечують оперативне гасіння осередку загоряння без участі людини. Тому розробка тепловізійної автоматичної систем пожежогасіння, що також дозволяє не затоплювати все приміщення, а своєчасно вплинути саме на осередок займання є актуальною задачею.

- Об'єкт дослідження – оптико-електронна автоматизована система пожежогасіння тепловізійного типу.
- Предмет дослідження – метод визначення центру осередку займання в автоматизованих засобах пожежної безпеки.
- Наукова новизна – було вдосконалено метод автоматизованого пожежогасіння, за рахунок введення в систему тепловізійних засобів знаходження осередку займання за допомогою просторового визначення координат та автоматизації процесу наведення, що дозволяє своєчасно виявляти пожежі та знешкоджувати їх.
- Практична значимість – на основі методу визначення центру осередку займання було розроблено оптико-електронну систему тепловізійного типу, яка дозволяє виконувати автоматичне пожежогасіння.

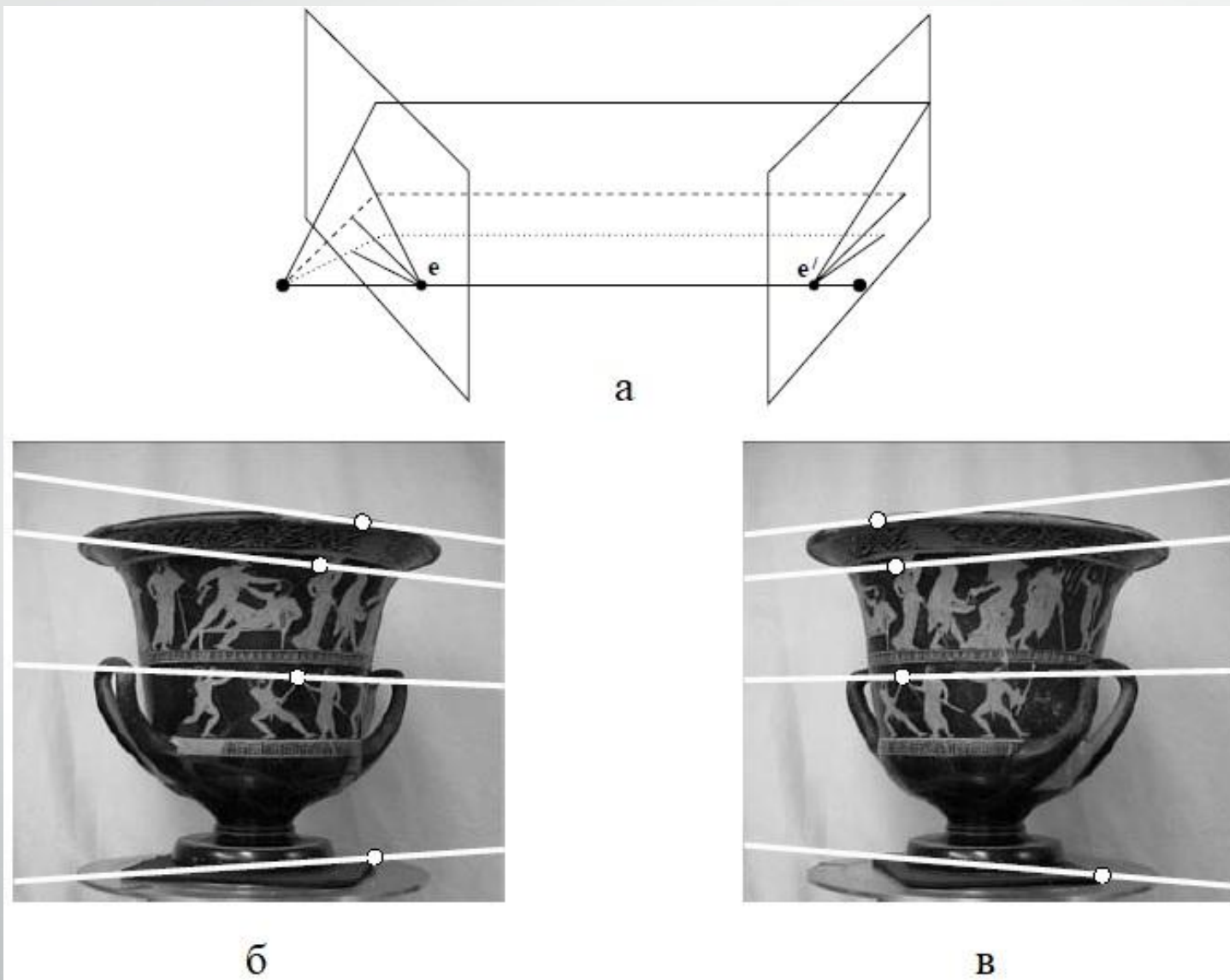
За тематикою магістерської кваліфікаційної роботи були подані тези на наукові конференції: 1. XLVIII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2019); 2. XLIX Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2020).

Порівняння тепловізійних систем аналогів:

Характеристики	Значення/величини	
	DALIT8	FLIR A310 f
Тип світлочутливого сенсора	Матриця в фокальній площині (FPA) – неохолоджувальний мікроболометр	Матриця в фокальній площині (FPA) – неохолоджувальний мікроболометр
Розмір матриці	384x288	320x240
Миттєве поле зору	1,37 мрад	1,36 мрад
Спектральний діапазон	8 – 14 мкм	7,5 – 13 мкм
Діапазон вимірювальних температур	-20°C – +600°C	-20°C – +120°C або 0°C – +350°C

Температурна чутливість	$\leq 0,04^{\circ}\text{C}$ при $+30^{\circ}\text{C}$	$< 0,05^{\circ}\text{C}$ при $+30^{\circ}\text{C}$
Точність вимірювання	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ або $\pm 2\%$	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ або $\pm 4\%$
Частота кадрів	50 Гц	30 Гц
Ступінь захисту корпусу	IP54	IP66
Ціна	7000-8000 \$	10000-12000 \$

Епіполярна геометрія двох проекцій:



Структурна схема тепловізійного пристрою:



Структурна схема приймальної оптичної системи тепловізійного пристрою:



Параксіальний аналіз лінзи об'єктиву:

Surface Data

✓ [vozniuk_Lens]

✗

?

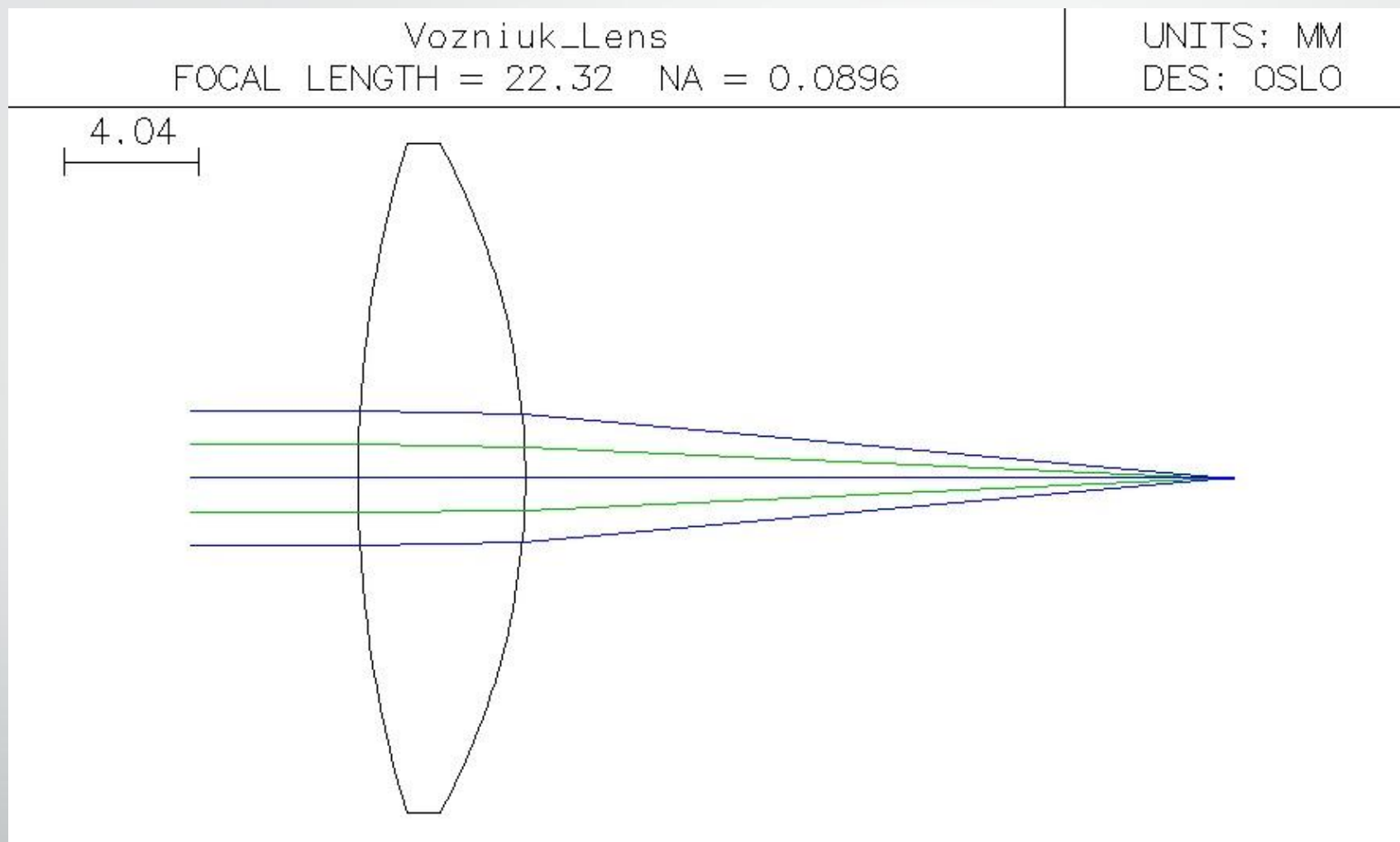
Gen Setup Wavelength Variables Draw On Group Notes

Lens: vozniuk_Lens_ Ef1 22.321349

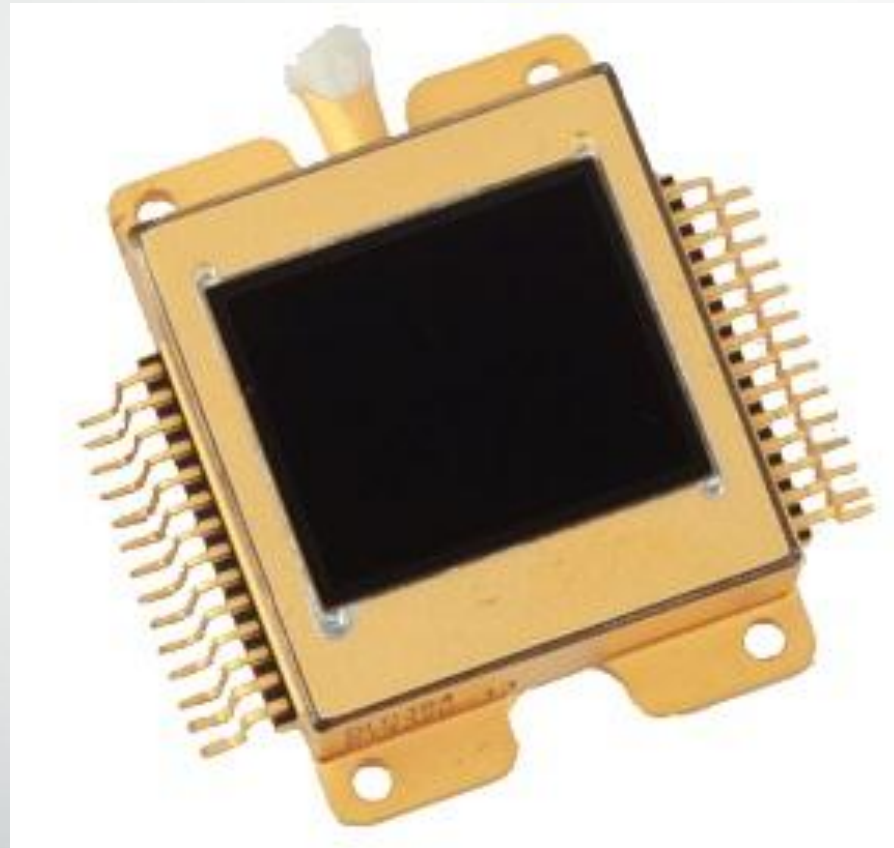
Ent beam radius 2.000000 Field angle 5.7296e-05 Primary wavln 0.587560

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR	
AST	35.000000	5.000000	10.000000	N-BAF52	A C
2	-21.004000	0.000000	10.000000	AIR	
IMS	0.000000	10.000000	0.012000		

Хід променів лінзи:



Мікроболометр DALI DLC384-25 μ m:



Характеристики	Значення/величини
Тип детектора	Неохолоджувана матриця в фокальній площині (FPA) на аморфному кремнії (a-Si)
Розмір матриці	384×288
Розмір пікселя	25 мкм×25 мкм
Спектральний діапазон	8 – 14 мкм
Контроль температури	ТЕС
Частота кадрів	≤60 Гц
Теплова чутливість	40мК/60мК
Чутливість	≥10мВ/К
Працездатність	≥99.5%
Споживання	130 мВт
Розмір (з виводами)	32×23.5×7.1 мм
Вага	≤20 г
Діапазон вимірюваних температур	200°C – 1600°C

Зчитуюча схема мікроболометра:

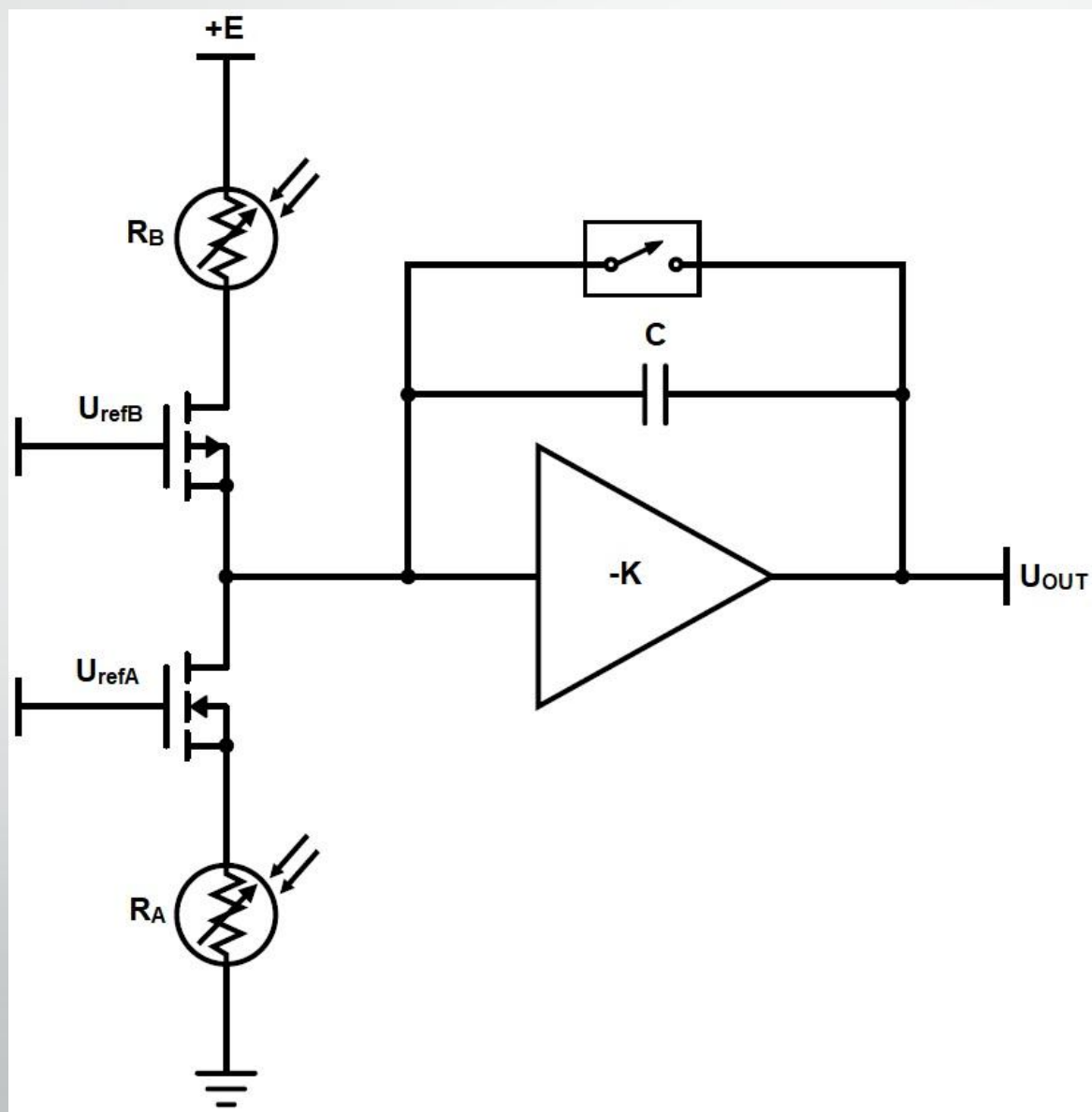
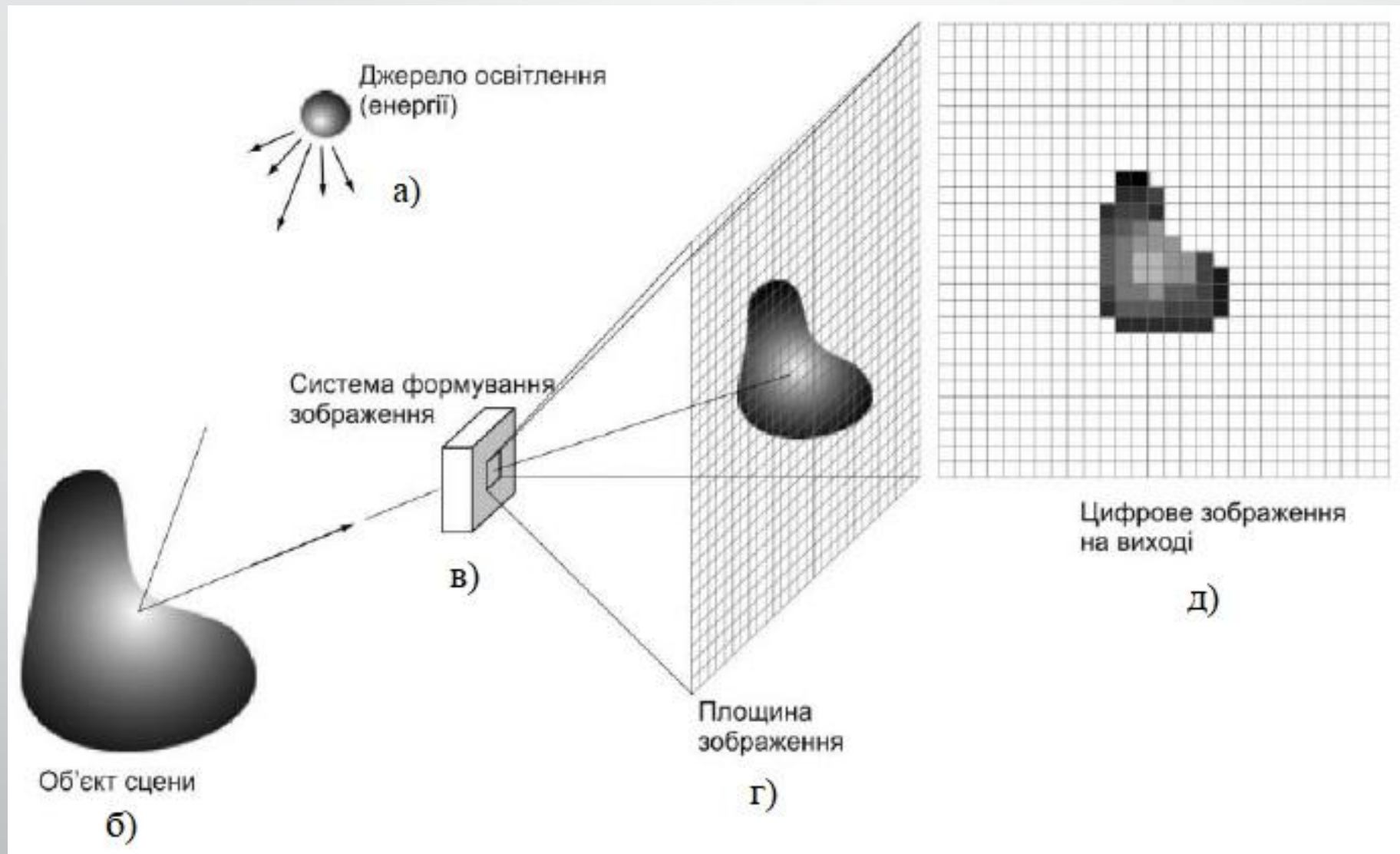
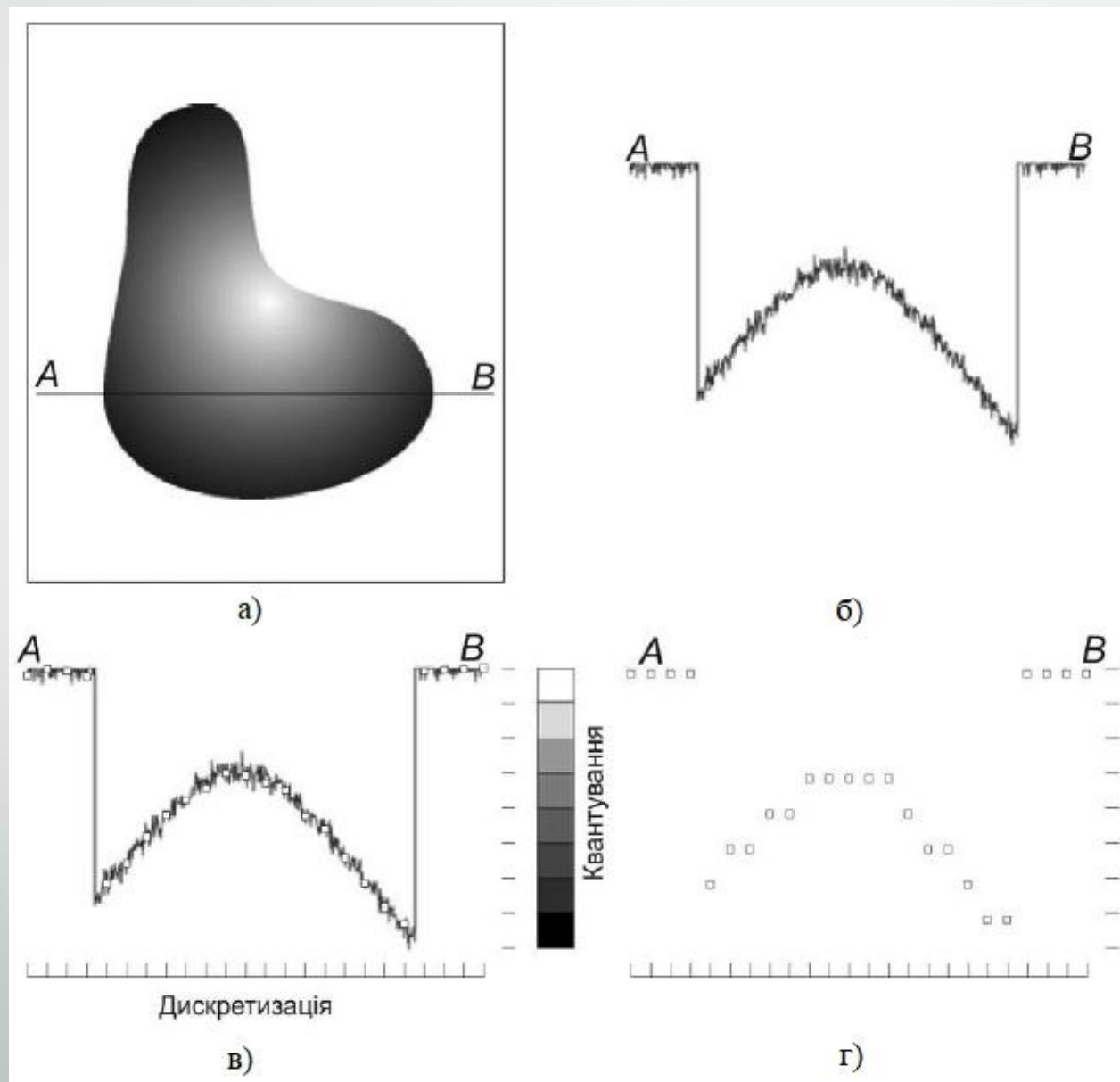


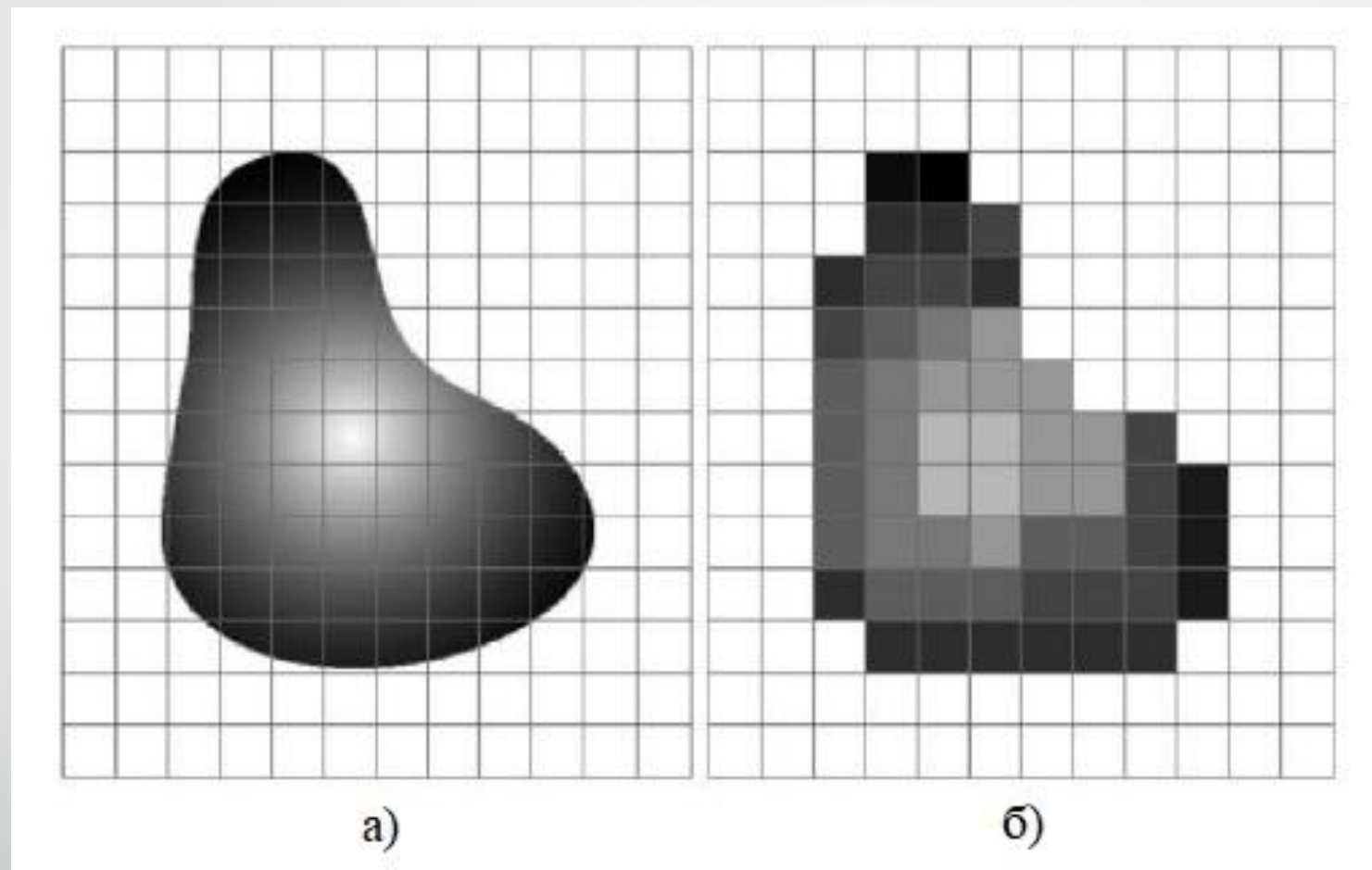
Схема процесу створення та реєстрації цифрового зображення:



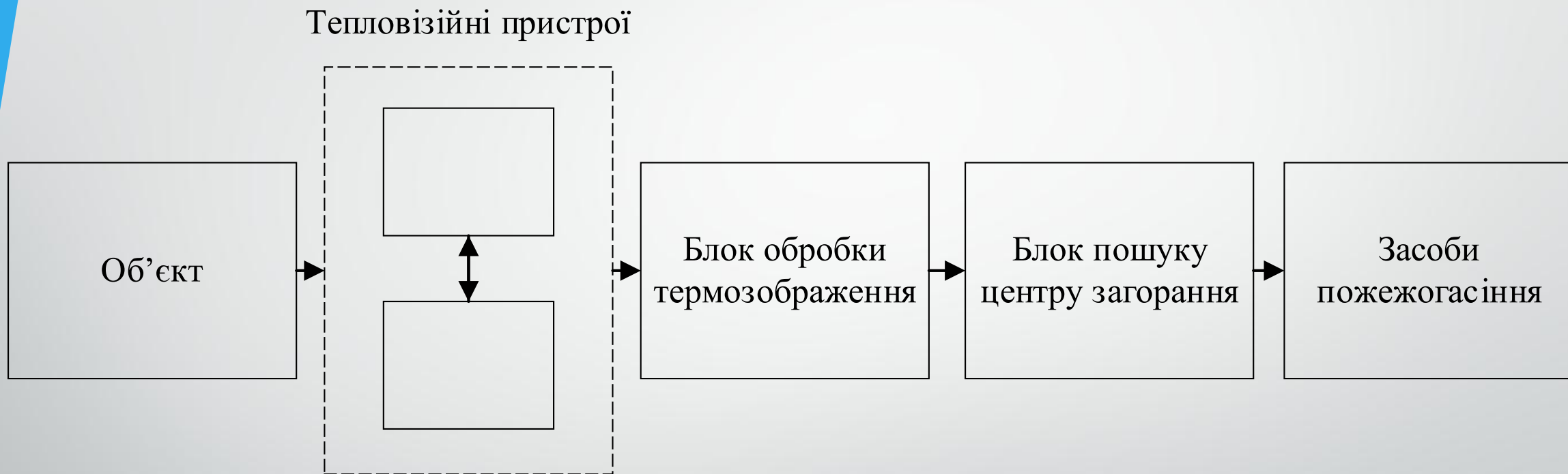
Процес дискретизації та квантування:



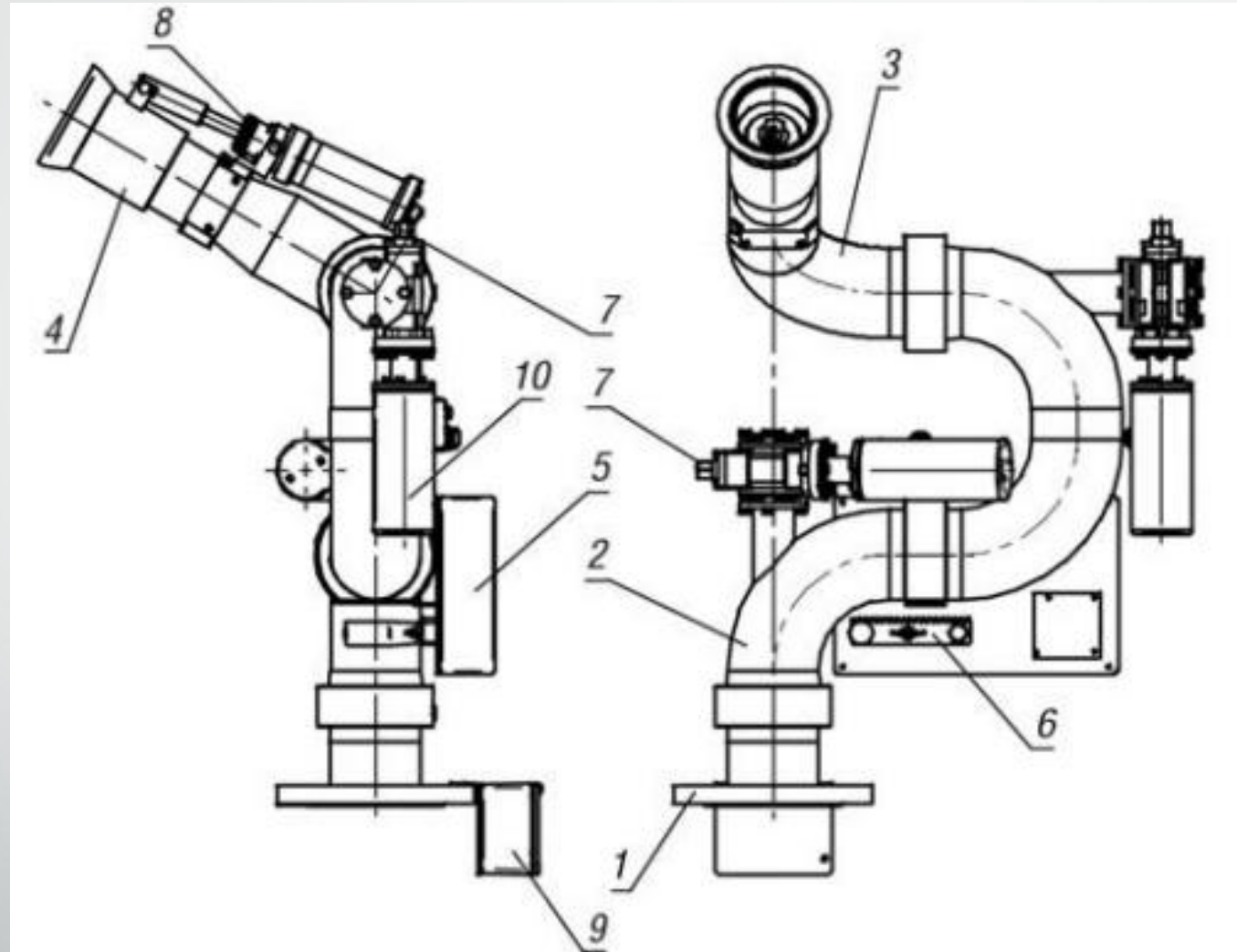
Оцифроване зображення на виході:



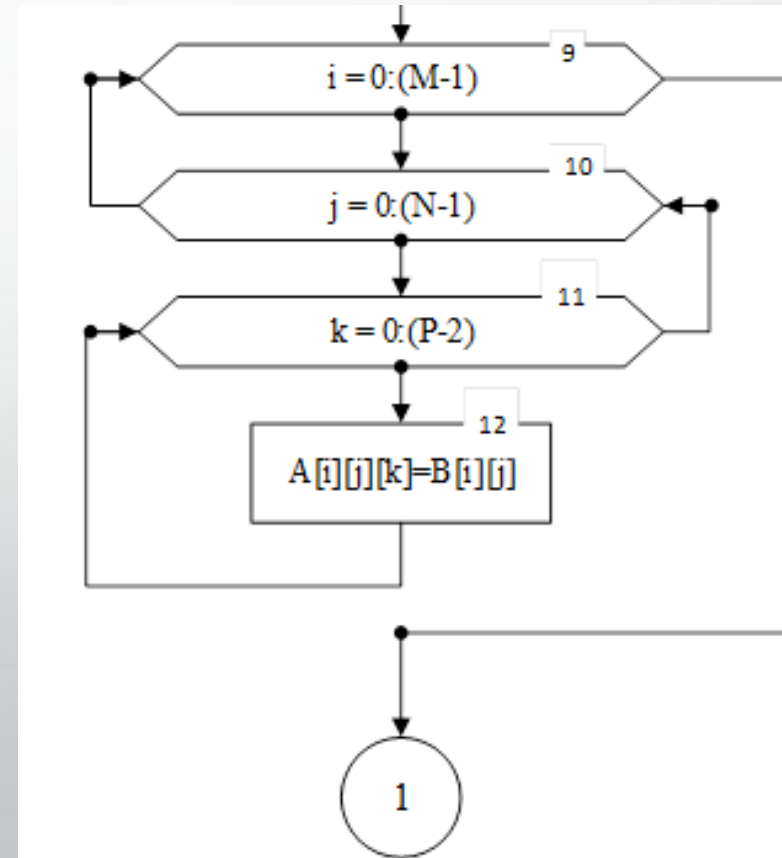
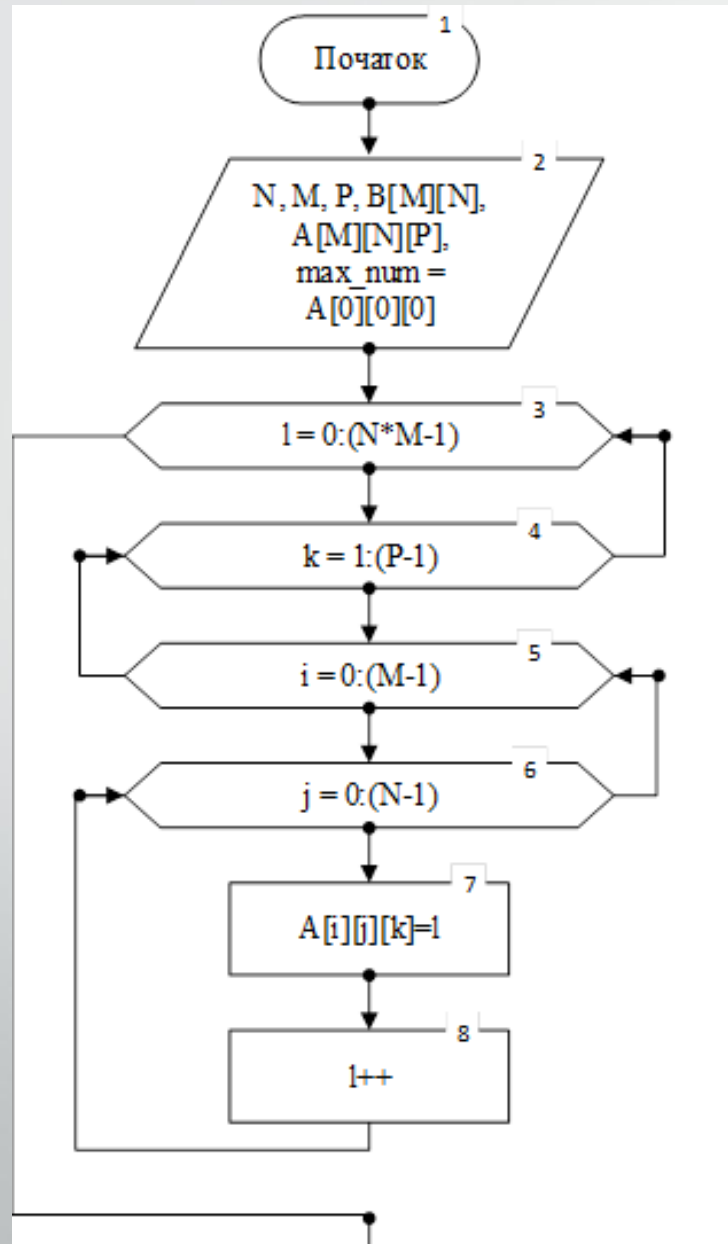
Структурна схема оптико-електронної автоматизованої тепловізійної системи пожежогасіння:

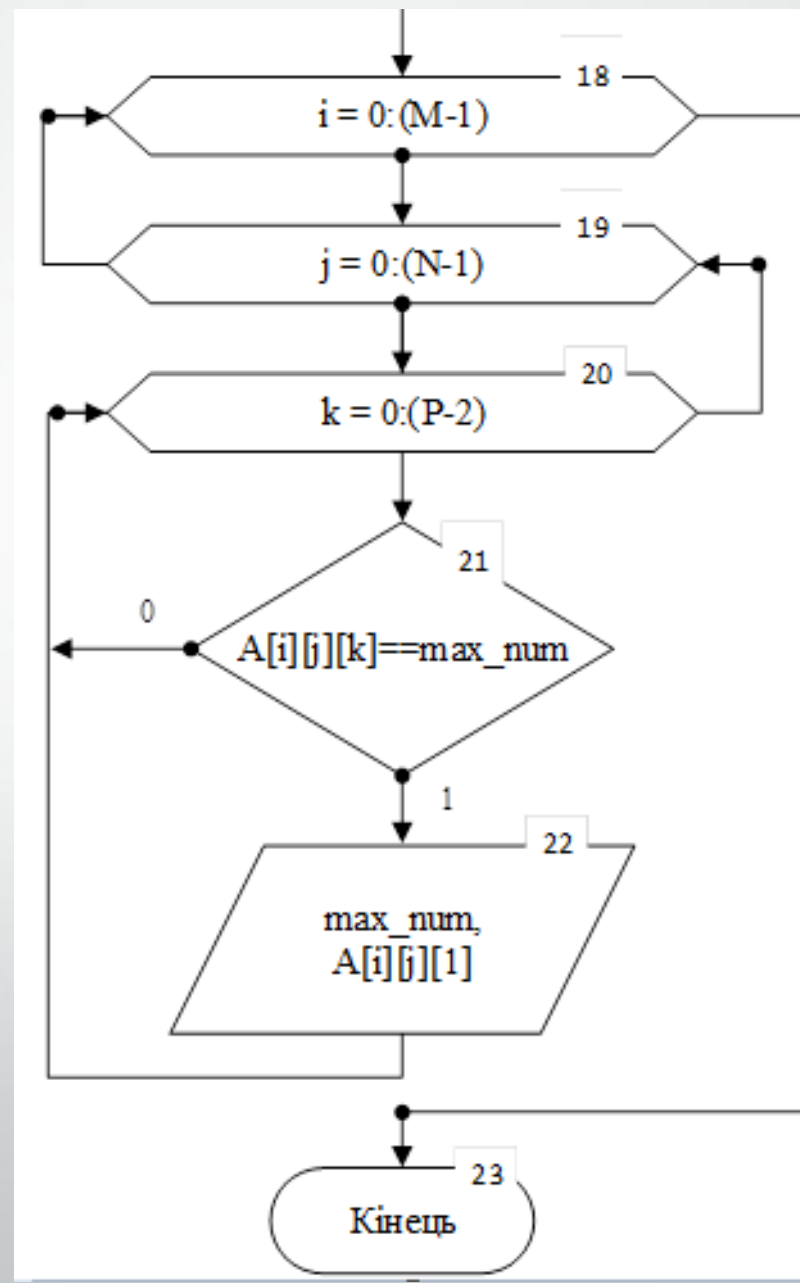
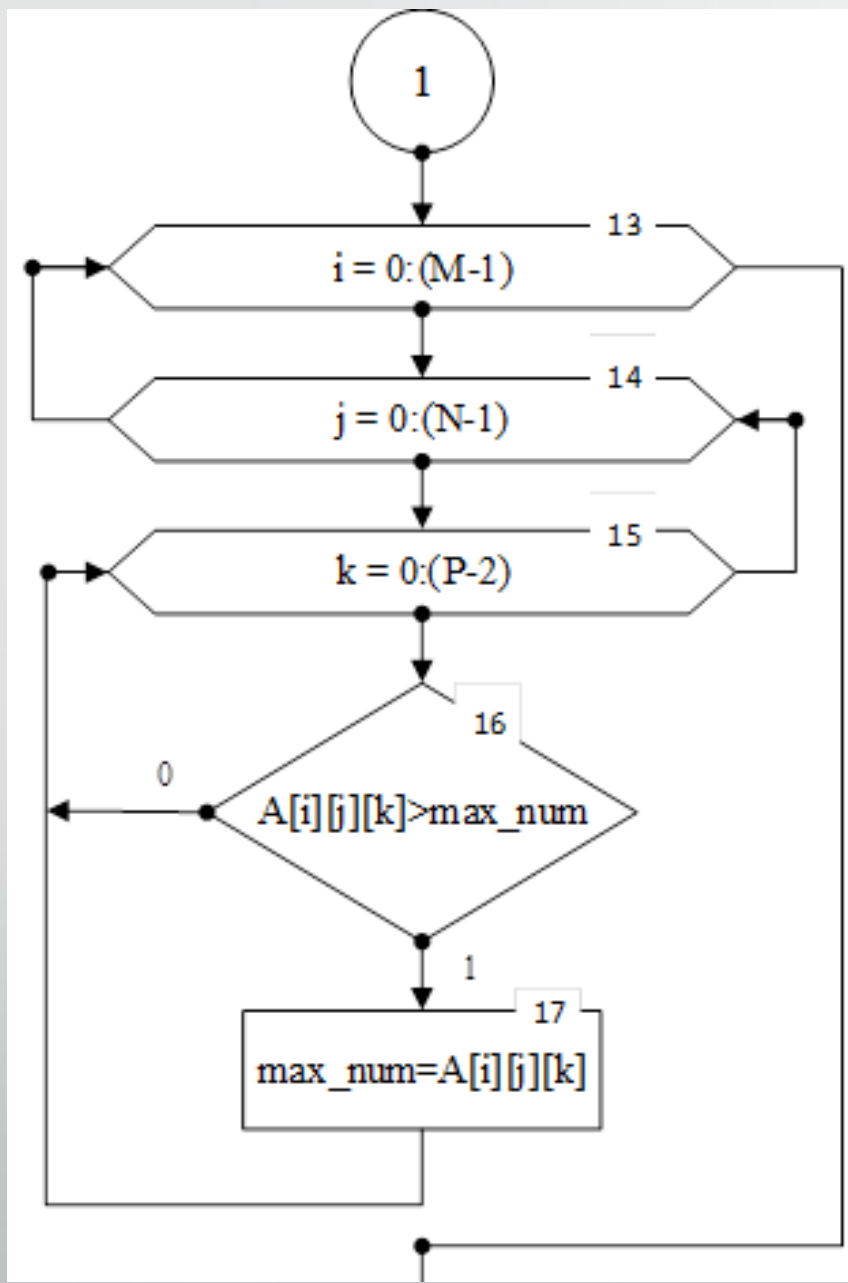


Модуль пожежогасіння:



Блок-схема методу пошуку центру осередку займання:





Висновки:

В магістерській кваліфікаційній роботі були розширені функціональні можливості засобів пожежної безпеки за рахунок використання оптико-електронної тепловізійної системи та автоматизованого наведення електромеханічного брандспойту за методом визначення центру осередку займання.

Отримано такі основні наукові та практичні результати роботи:

1. В результаті аналізу основних методів та засобів побудови тепловізійних та автоматизованих систем пожежогасіння було розроблено модель автоматичної систем пожежогасіння, що дозволяє не затоплювати все приміщення, а своєчасно вплинути саме на осередок займання.
2. Була розроблена структурна схема тепловізійного пристрою, що включає: оптичну систему для фокусування променів на світлочутливу матрицю, яка в нашому випадку буде побудована на неохолоджувальному мікроболометрі, на виході якого буде відбуватися підсилення аналогового сигналу, його аналого-цифрове перетворення та формування термозображення, за допомогою методів дискретизації та квантування, на виході тепловізора.

Висновки:

3. Був розрахований об'єктив тепловізійного пристрою для системи автоматичного пожежогасіння, який побудований на тонкій сферичній двоопуклій лінзі з різними радіусами кривизни сферичних поверхонь.
4. Була розроблена структурна схема оптико-електронної автоматизованої тепловізійної системи пожежогасіння, що включає: два тепловізійних пристрої у складі пожежних роботів об'єднаних інформаційною магістраллю з програмним керуванням.
5. Було виконана її програмна реалізація на мові програмування C++ з використанням проведено моделювання методу визначення центру осередку займання: створено блок-схему методу та м бібліотеки OpenCV.
6. Було проведено оцінювання комерційного потенціалу розробки та прогнозування комерційних ефектів. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій склав 1,14 років, що свідчить про доцільність фінансування розробки.

Дякую за увагу