

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

## **Пояснювальна записка**

до магістерської роботи на тему:

**«ПОБУДОВА СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВІЗОРІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ  
НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ НА ПІДПРИЄМСТВІ»**

Виконав: студент 6 курсу, групи  
РТДМ-61  
спеціальності

---

172 Телекомунікації і радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

---

**Хміль Д.Я.**

(прізвище та ініціали)

Керівник **Дакова Л.В.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль **Макаренко А.О.**

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації і радіотехніка  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МВТ

\_\_\_\_\_ Н.В. Руденко

\_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хміль Діані Ярославівні

1. Тема роботи: «Побудова системи відеоспостереження з використанням тепловізорів для запобігання несанкціонованого доступу на підприємстві», керівник роботи Дакова Лариса Валеріївна, к.т.н., затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.10. 2021 року №170.

2. Строк подання студентом роботи 20.12.2021р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Відеоспостереження;
2. Тепловізійні системи відеоспостереження;
3. Оптична система тепловізора;
4. IP відеоспостереження;
5. Можливості системи відеоспостереження;
6. Оцінка ефективності камер;
7. Науково-технічна література.

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

1. Історія виникнення тепловізійних систем;
2. Класичні закони теплового випромінювання;

3. Проектування структурної схеми системи відеоспостереження на підприємстві;

4. Використання тепловізійних технологій в охороні і забезпеченні безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (назва слайдів презентації):

1. Тепловізійні камери відеоспостереження;
2. Переваги тепловізійних камер;
3. Спектри електромагнітного випромінювання видимого інфрачервоного діапазонів;
4. Температурна чутливість тепловізійних камер відеоспостереження;
5. Об'єктиви для тепловізорів;
6. План-схема підприємства;
7. Статична і динамічна IP-адресація. Схема віддаленого перегляду;
8. Функціональна схема системи відеоспостереження підприємства;
9. План-схема підприємства з обладнанням системи відеоспостереження.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1.    | Підбір науково-технічної літератури                                       | 20.10.2021                    | Виконано |
| 2.    | Історія виникнення тепловізійних систем                                   | 09.11.2021                    | Виконано |
| 3.    | Класичні закони теплового випромінювання                                  | 15.11.2021                    | Виконано |
| 4.    | Проектування структурної схеми системи відеоспостереження на підприємстві | 23.11.2021                    | Виконано |
| 5.    | Використання тепловізійних технологій в охороні і забезпеченні безпеки    | 27.11.2021                    | Виконано |
| 6.    | Висновки, вступ, реферат  | 07.12.2021                    | Виконано |
| 7.    | Оформлення роботи   | 17.12.2021                    | Виконано |

Студент

Хміль Д.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Дакова Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи: 92 сторінок, 39 рис., 5 табл., 16 джерел.

*Мета роботи* – побудова системи захисту інформації на підприємстві з використанням тепловізорів для запобігання несанкціонованого доступу.

*Об'єкт дослідження* – тепловізійні системи відеоспостереження.

*Предмет дослідження* – методи та методики підвищення ефективності функціонування тепловізійних систем відеоспостереження.

*Методи дослідження:* основні результати отримані на основі система автоматизованого проектування.

*Короткий зміст роботи:* містить опис теорію тепловізійних систем, розкриває галузі застосування методів тепловачення, особливості використання тепловізійних технологій в охороні державних та приватних об'єктів і забезпеченні їх безпеки, оцінку ефективності тепловізійних систем, а також перспективи розвитку тепловізійних приладів. Наведено загальні принципи роботи тепловізійних систем, засоби несанкціонованого отримання інформації в установах з використанням тепловізорів. Побудована система відеоспостереження з використанням тепловізорів для запобігання несанкціонованого доступу на підприємстві.

Галузь використання – систем відеоспостереження України.

ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВІЗІЙНІ СИСТЕМИ,  
НЕСАНКЦІОНОВАНИЙ ДОСТУП, ІНФОРМАЦІЯ, ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ,  
ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИЛАД, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ,  
ІНФРАЧЕРВОНА РОЗВІДКА.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....  | 8  |
| ВСТУП.....  | 9  |
| 1. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ СИСТЕМ .....                                      | 14 |
| 1.1 Термографія та її види.....   | 14 |
| 1.2 Пасивна та активна термографія .....  | 16 |
| 1.3 Сфери застосування методів тепlobачення .....                                     | 18 |
| 1.4 Професійна серія тепловізорів ThermaCAM.....                                      | 20 |
| 1.5 Сфери застосування тепловізорів.....  | 22 |
| 2 КЛАСИЧНІ ЗАКОНИ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ .....                                      | 30 |
| 2.1 Загальні положення теорії теплового випромінювання.....                           | 30 |
| 2.2 Класичні закони теплового випромінювання .....                                    | 32 |
| 2.3 Формула Планка та виведення з неї класичних законів .....                         | 34 |
| 2.4 Теорія інфрачервоного випромінювання.....   | 36 |
| 2.5 Устрій типових тепловізорів.....  | 38 |
| 2.6 Фактори, що впливають на ефективність тепловізійного устаткування.....            | 45 |
| 2.7 Аналіз ефективності застосування тепловізійних систем .....                       | 48 |
| 2.8 Техніко-економічна ефективність тепловізійних систем .....                        | 50 |
| 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ<br>ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ..... | 56 |
| 3.1 Оцінка вразливості об'єкта.....   | 56 |
| 3.2 Вибір обладнання системи відеоспостереження .....                                 | 57 |
| 4. ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОХОРОНІ І<br>ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ .....    | 69 |
| 4.1 Тепловізійні камери для забезпечення безпеки .....                                | 69 |
| 4.2 Устрій тепловізійних приладів та порядок роботи з ними .....                      | 74 |
| ВИСНОВКИ.....   | 88 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....  | 92 |
| ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ .....  | 94 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

|       |  |
|-------|--|
| ВАХ   | – вольт-амперна характеристика                         |
| ДТЗС  | – допоміжні технічні засоби і системи                  |
| ЕМВ   | – електромагнітне випромінювання                       |
| ЕОП   | – електронно-оптичний перетворювач                     |
| ІЧ    | – інфрачервоний  |
| ІЧР   | – інфрачервона розвідка                                |
| КЗ    | – контролюєма зона                                     |
| КМОП  | – блок фокусуючих пластин                              |
| КРТ   | – тип інфрачервоної матриці                            |
| ЛЗ    | – лінії зв'язку  |
| ЛОМ   | – локальна обчислювальна мережа                        |
| МКП   | – мікроканальна пластина                               |
| НК    | – неруйнуючий контроль                                 |
| НЛ    | – нелінійний локатор                                   |
| НРЛ   | – нелінійний радіолокатор                              |
| НСД   | – несанкціонований доступ                              |
| ОЕП   | – оптоелектронний прилад                               |
| ОКГ   | – оптичні квантові генератори                          |
| ОНБ   | – окуляри нічного бачення                              |
| ОТ    | – обчислювальна техніка                                |
| ПЗЗ   | – прилад із зарядовим зв'язком                         |
| ПНБ   | – прилад нічного бачення                               |
| ПЗ    | – програмне забезпечення                               |
| ПЕОМ  | – персональна електронно-обчислювальна машина          |
| ПЕМВН | – паразитні електромагнітні випромінювання і наведення |
| ППВ   | – піроелектричний приймач випромінювання               |
| РЕЗ   | – радіоелектронні засоби                               |
| РК    | – рідкокристалічний                                    |
| ТЗП   | – технічні засоби передачі інформації                  |
| ТЗР   | – технічний засіб розвідки                             |
| ТКВІ  | – технічний канал витоку інформації                    |
| ТПВ   | – тепловізійні прилади                                 |
| ТР    | – технічна розвідка                                    |
| ФПП   | – фотоприймальний пристрій                             |
| ЧЗН   | – часова затримка і нагромадження                      |

## ВСТУП

Значення інформації в житті будь-якого цивілізованого суспільства безупинно зростає. З незапам'ятних часів відомості, що мають важливе воєнно-стратегічне значення для держави, ретельно ховалися й захищалися. В наш час інформація, що відноситься до технології виробництва й збуту продукції, стала ринковим товаром, що має великий попит, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Інформаційні технології постійно вдосконалюються в напрямку їхньої автоматизації й способів захисту інформації.

Що стосується причин і умов витoku інформації, то вони, при всіх своїх розходженнях, мають багато спільного.

Причини пов'язані, як правило, з недосконалістю норм із зберігання інформації, а також з порушенням цих норм (у тому числі й недосконаліх), відступом від правил обігу з відповідними документами, технічними засобами, зразками продукції й інших матеріалів, що містять конфіденційну інформацію.

Умови, включають різноманітні фактори й обставини, що містяться в процесі наукової, виробничої, рекламної, видавничої, звітної, інформаційної й іншої діяльності підприємства (організації) і створюють передумови для витoku інформації.

Фізичні процеси, що відбуваються в технічних засобах при їхньому функціонуванні, створюють у навколишньому просторі побічні випромінювання, які у тому або іншому ступені пов'язані з інформацією, що обробляється.

Фізичні явища, що лежать в основі появи цих випромінювань, мають різний характер, але зате вони можуть розглядатися як передача конфіденційної інформації з деякої „побічної системи зв'язку”, утвореної джерелом небезпечного випромінювання, середовищем і, можливо, прийомною стороною (зловмисником). При цьому на відміну від традиційних систем зв'язку, у яких передавальна й приймаюча сторони переслідують одну мету - передати й прийняти інформацію з найбільшою вірогідністю, у випадку „побічної системи зв'язку” передавальна сторона, зацікавлена в можливо більшому погіршенні (ослабленні, ліквідації)

передачі інформації, тому що це сприяє її захисту, а приймаюча сторона прагне максимально поліпшити умови прийому інформації.

Розвиток нових інформаційних технологій супроводжується такими негативними явищами, як промислове шпигунство, комп'ютерні злочини й несанкціонований доступ (НСД) до секретної й конфіденційної інформації. Тому захист інформації є найважливішим державним завданням у будь-якій країні. Захист інформації повинен забезпечувати запобігання збитку в результаті втрати (розкрадання, перекручування, підробки) інформації у будь-якому її вигляді. Організація заходів щодо захисту інформації повинна проводитися в повній відповідності із чинними законами й нормативними документами з безпеки інформації, інтересами користувачів інформації. Щоб гарантувати високий ступінь захисту інформації, необхідно постійно вирішувати складні науково-технічні завдання розробки й удосконалювання засобів її захисту. Інформація за формою подання, способами кодування й зберігання може бути графічною, звуковою, текстовою, цифровою (комп'ютерною), відеоінформацією тощо.

Найбільш важливими властивостями інформації є, насамперед, її повнота, об'єктивність, своєчасність, важливість.

Для зберігання як секретної, так і несекретної інформації застосовуються ті самі носії. У загальному випадку носії секретної й конфіденційної інформації охороняються її власником.

Носії інформації, що підлягає захисту, класифікуються як документи; вироби (предмети); речовини й матеріали; електромагнітні, теплові, радіаційні та інші випромінювання; гідроакустичні, сейсмічні й інші фізичні поля, що представляють особливі види матерії; сам об'єкт із його видовими характеристиками тощо.

У якості носія інформації, що підлягає захисту, може бути також людина.

Форми подання інформації залежать від її характеру і фізичних носіїв, на яких вона представлена. Основними формами інформації, що підлягають захисту, є:

- документальні;
- акустичні;



- телекомунікаційні;
- видові.

З розвитком інформаційного суспільства все більшого значення набувають проблеми, пов'язані із захистом конфіденційної інформації.

Інформація як категорія, що має вартість, захищається її власником від осіб і організацій, що намагаються нею завладіти. Загальна тенденція така, чим вищий рівень таємності інформації, тим вищий рівень її захисту, і тим більше засобів витрачається на її захист.

Кожна держава захищає свої інформаційні ресурси.

Добре відомо, що злочинець завжди залишає сліди. Так само й будь-який технічний пристрій вносить якісь зміни в навколишній простір. І якщо завдання розвідки полягає в тому, щоб зробити ці зміни майже непомітними, то завдання тих, хто зайнятий пошуком подібної техніки, полягає в тому, щоб по ледь вловимим слідам зміни фізичних параметрів простору виявити і знешкодити технічні пристрої та системи ведення розвідки. Завдання технічної контррозвідки ускладнюється тим, що як правило, невідомо, який саме технічний пристрій контролю інформації застосований. Тому робота з пошуку й знешкодження технічних засобів спостереження дає добрий результат тільки в тому випадку, якщо вона проводиться комплексно, коли обстежують одночасно всі можливі шляхи витоку інформації.

До ТР відносяться наступні види розвідок:

Оптична та оптоелектронна розвідки, що забезпечують добування інформації шляхом прийому й аналізу електромагнітних випромінювань ультрафіолетового, видимого та ІЧ-діапазонів від об'єктів розвідки;

Інфрачервона розвідка (ІЧР) дозволяє добувати інформацію про об'єкти при використанні як носія інформації або власного теплового випромінювання об'єктів, або відбитого ІЧ-випромінювання місяця, зоряного неба, а також відбитого випромінювання спеціальних ІЧ-прожекторів підсвічування об'єктів. Відповідно до цих принципів прилади ІЧР діляться на дві групи:

1. Тепловізійні прилади;

## 2. Прилади нічного бачення (ПНБ).

Тепловізійна апаратура дозволяє одержувати зображення шляхом реєстрації теплового контрасту між об'єктом і навколишнім фоном. Перевагами тепловізійної апаратури є: прихованість ведення розвідки через відсутність підсвічуючих випромінювань, відносно висока завадостійкість до випромінювань у видимій частині спектра, здатність виявляти замасковані цілі навіть у поганих метеорологічних умовах (туман, дим, дощ).

Носієм видової інформації об'єкта є сам об'єкт, а також його фото- і відеозображення на матеріальних носіях інформації.

Тепловізор - вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра, що “переводить” у видиму область спектра теплове випромінювання будь-яких об'єктів. Предмети випромінюють тепло. Люди, птахи, тварини є джерелами теплового випромінювання. Це випромінювання являє собою інфрачервоні хвилі, і тепловізор “бачить” їх.

Сучасні багатофункціональні тепловізори оснащені неохолоджуваною матрицею, що дає можливість одержувати й зберігати інформацію про температурні поля об'єктів. Чутливий елемент тепловізора — матриця мініатюрних детекторів сприймає інфрачервоні сигнали й перетворює їх в електричні імпульси, які після посилення перетворюються у відеосигнал. Тепловізор може використовуватися як прилад для безконтактного виміру температури вилучених об'єктів і температурних полів.

Тепловізори відносяться до приладів тривалого користування (у тому числі й через високу вартість), тому вимоги до їхньої надійності й довгострокової стабільності характеристик винятково важливі. Ці показники, природно, визначаються як конструкцією самих приладів, закладеної виробниками, так і їх наступним технічним обслуговуванням.

Тепловізори - це прилади, які можуть виявляти різницю температур вимірюється сотими частками градуса, реєструвати теплову потужність порядку 1 мкВт. Ці відносно дешеві прилади, з'єднані в комплексі з комп'ютером, могли б стати дуже ефективними й універсальними з погляду пошуку технічних засобів

комерційної розвідки, тому що будь-який технічний засіб при своїй роботі виділяє в навколишній простір тепло. Швидше за все, поява на ринку подібних пристроїв є справою недалекого майбутнього.

Принцип використання тепловізора у випадку пошуку засобів прихованого знімання інформації заснований на тому, що будь-яка електроніка при роботі неминуче нагрівається й розсіює навколо себе тепло. Завдяки цій демаскуючій ознаці за допомогою тепловізора можливе виявлення працюючих прихованих камер, мікрофонів, радіопередавачів і т.п. у тих місцях, куди доступ обмежений або фізично утруднений. Типова ситуація — камери й провідні мікрофони в датчиках охоронно-пожежної сигналізації. Так як, зазвичай, перевіряюча команда, не має права розкривати датчики і, найчастіше, дістатися до інформаційних кабелів і кабелів живлення датчиків не видається можливим, тому єдиним варіантом перевірки залишається обстеження датчиків за допомогою тепловізорів.

Так само, завдяки тому, що остигання предметів відбувається не миттєво, а має певну інерційність, можливе виявлення засобів прихованого знімання інформації, які керуються дистанційно і після початку проведення перевірки були відключені. Після переведення пристроїв знімання інформації в пасивний стан, при використанні стандартних засобів пошуку, шанси на виявлення зменшуються в рази. Однак завдяки використанню тепловізора в нас є можливість “впіймати” залишкове теплове випромінювання та виявити засоби спостереження.

Завдяки високій температурній чутливості тепловізорів при проведенні пошукових заходів, можливе виявлення неоднорідностей у будівельних конструкціях, таких як вентиляційні шахти, профілі кріплення, кабелі і т.п. Подібного роду інформація може становити певний інтерес при проведенні пошукових робіт.

# 1. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ СИСТЕМ

## 1.1 Термографія та її види

Термографія - це науковий спосіб одержання термограми - зображення об'єкта в інфрачервоному спектрі, що показує картину розподілу температурних полів. Тепловізори виявляють випромінювання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра (900-14000 нанометрів). Прилад дозволяє бачити теплове випромінювання навколишніх об'єктів, незалежно від освітленості, і вимірювати температуру в будь-якій точці поверхні об'єкта з точністю 0,1°C. Унікальні можливості тепловізорів знайшли застосування в багатьох областях від індустрії до медицини. Останнім часом активно почали використовуватися в будівництві, де застосовується безліч нових матеріалів і технологій теплоізоляції, використання яких дозволяє знизити теплові витрати на обігрів будинків. Як показує практика, внаслідок дефектів у теплоізоляції можуть виникати значні теплові втрати в спорудах (близько 40%), у той час, як відсутність дефектів дозволяє знизити енергоспоживання до 30%.

Тепловізор може легко виявити області витоків тепла в будинку, неправильність функціонування опалювальних систем, систем охолодження або обігріву-кондиціонування повітря, а також інших систем. Тепловізор допоможе одержати важливу інформацію, щоб уникнути дорогих, віднімаючих багато часу й нервів ремонтних робіт.

Інфрачервона термографія, теплове зображення або теплове відео - це науковий спосіб одержання термограми - зображення в інфрачервоних променях, що показує картину розподілу температурних полів. Термографічні камери, або тепловізори виявляють випромінювання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра (приблизно 900-14000 нанометрів або 0,9-14  $\mu\text{m}$ ) і на основі цього випромінювання створюють зображення, що дозволяють визначити перегріті або переохоложені місця. Тому що інфрачервоне випромінювання

випускається всіма об'єктами, що мають температуру, відповідно до формули Планка для випромінювання чорного тіла, термографія дозволяє „бачити” навколишнє середовище навіть без видимого світла. Величина випромінювання, що випускається об'єктом, збільшується з підвищенням його температури, тому термографія дозволяє нам бачити розходження в температурі. Коли дивимося через тепловізор, то теплі об'єкти видно краще, ніж охолоджені до температури навколишнього середовища; люди й теплокровні тварини легше помітні в навколишнім середовищі, як удень, так і вночі. Як результат, просування використання термографії може бути приписано військовим і службам безпеки на об'єктах різних форм власності.[1]

Створення термограм на основі теплових зображень знайшло багато застосувань. Наприклад, пожежні використовують їх для виявлення диму, пошуку людей і встановлення джерел загоряння. З тепловими зображеннями техніки, що обслуговують лінії електропередачі, виявляють перегрівання в місцях з'єднань і частини, що перебувають в аварійному стані, що вимагають усунення потенційної небезпеки. Коли порушена теплоізоляція, будівельники можуть бачити витік тепла й запобігти ускладненням при охолодженні або обігріві системами кондиціонування повітря. Деяка фізіологічна діяльність організму, що вимагає більш пильної уваги в людей і теплокровних тварин, також може спостерігатися за допомогою теплових зображень.

Зовнішній вигляд і робота сучасних тепловізорів часто схожі на роботу відеокамери. Можливість людиною бачити в інфрачервоному діапазоні – настільки корисна функція, що здатність робити запис таких зображень часто є другорядною функцією. Тому модуль для запису не завжди вбудований.

Замість ПЗЗ датчиків більшість тепловізорів використовують блок фокусних площин КМОП. Найбільше часто використовуються типи блоків фокусних площин з антимоніду індію (InSb), арсеніду галію та індію, теллурид ртуті й кадмію. Новітні технології дозволяють використовувати недорогі неохолоджувані мікроболометричні датчики. Їхній дозвіл більш низький, ніж в оптичних камер, – в основному 160x120 або 320x240 пікселів до 640x512 в найбільш дорогих моделях.

Тепловізори більш дорогі, ніж їхні аналоги для видимої частини спектра і на моделі високого класу часто накладаються експортні обмеження. Старі болометри і більш чутливі моделі, такі, як із використанням антимоніду індію, вимагають криогенного охолодження, звичайно охолоджувач із циклом Стирлінга в мініатюрі або охолодження рідким азотом.

У чому ж відмінність інфрачервоної зйомки від термографії? Інфрачервона зйомка випромінювання відповідає температурі між 250 С і 500°С, у той час як діапазон термографії приблизно від –50 С до більш ніж 2000 С. Так, для інфрачервоної зйомки для показу чого-небудь, температура об'єкта повинна бути понад 250 °С або об'єкт повинен відбивати інфрачервоне випромінювання, що виходить від чогось гарячого. Окуляри нічного бачення звичайно тільки підсилюють невелику кількість світла, що створюється, наприклад, зоряним світлом або місяцем, і через них неможливо побачити тепло або працювати в повній темряві.[1]

## **1.2 Пасивна та активна термографія**

Всі об'єкти з температурою вище абсолютного нуля, випускають інфрачервоне випромінювання. Отже, відмінний спосіб для виміру теплових змін полягає в тому, щоб використовувати пристрій інфрачервоного бачення, звичайно блок фокусних площин тепловізора дозволяє виявляти випромінювання в середніх (від 3 до 5  $\mu\text{m}$ ) і довгих (від 8 до 15  $\mu\text{m}$ ) хвилях інфрачервоної смуги частот, позначуваних як MWIR і LWIR і відповідним двом інфрачервоним вікнам з високим коефіцієнтом пропускання. Неправильно обраний діапазон температур, досліджуваний на поверхні об'єкта, вказує на потенційну проблему.

У пасивній термографії особливий інтерес представляє підвищення або зниження природного температурного рівня в порівнянні з температурою оточення. У пасивної термографії багато застосувань, таких, як спостереження людей на сцені або в медицині.

В активній термографії інакше - там джерело енергії повинен створювати температурний контраст між об'єктом, що цікавить, і фоном. Активний підхід необхідний у багатьох випадках, коли досліджувані частини перебувають у температурній рівновазі з навколишнім середовищем. Сучасні тепловізори дозволяють за допомогою спеціального програмного забезпечення визначати температуру в кожній точці термограми.

Переваги термографії:

- може показувати візуальне зображення, що допомагає в порівнянні температур на великій площі;
- дає можливість захоплення рухомих цілей у реальному часі;
- дозволяє знаходити аварійні елементи до їхнього виходу з ладу;
- вимір в областях, де інші методи неможливі або небезпечні;
- неруйнуючий контроль;
- полегшує пошук дефектів у колонах або інших металевих частинах.
- Обмеження та недоліки термографії:
- якісні камери дорогі і їх легко ушкодити;
- зображення важко зрозуміти навіть професіоналам;
- більшість камер мають похибку  $\pm 2\%$  або меншу точність;
- навчання й зміст у штаті фахівця з інфрачервоного сканування вимагає витрат часу й засобів;
- можливість виміру тільки температури поверхонь.

Застосування:

- моніторинг умов;
- медична візуалізація.

Медична візуалізація - розділ медичної діагностики, що займається неінвазивним дослідженням організму людини за допомогою фізичних методів з метою одержання зображення внутрішніх структур. Зокрема, можуть використовуватися звукові хвилі (головним чином ультразвук), електромагнітне

випромінювання різних діапазонів, постійне й змінне електромагнітне поле, елементарні частки, випромінювані радіоактивними ізотопами (радіофармпрепаратами).[2]

Неруйнуючий контроль (НК) - контроль властивостей і параметрів об'єкта, при якому не повинна бути порушена придатність об'єкта до використання й експлуатації.

Теплові інфрачервоні камери перетворюють енергію інфрачервоних хвиль у видиме світло на відеоекрані. Всі об'єкти з температурою вище 0 кельвінів випромінюють теплову інфрачервону енергію, тому інфрачервоні камери можуть пасивно бачити всі об'єкти незалежно від наявності навколишнього освітлення. Проте, більшість теплових камер бачать тільки об'єкти, тепліше  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Спектр і рівень теплового випромінювання сильно залежить від температури поверхні об'єкта. Це дає можливість тепловій камері бачити температуру об'єктів. Проте, інші фактори також впливають на випромінювання, реєстрація якого обмежується точністю техніки. Наприклад, випромінювання залежить не тільки від температури об'єкта, але також і від здатності, що відбиває, об'єкта. Так, випромінювання, випускається спочатку навколишнім середовищем, відбивається об'єктом і до нього приєднується випромінювання самого об'єкта, а реєструватися приладами буде тільки загальна величина.

### **1.3 Сфери застосування методів тепlobачення**

Сучасні тепловізори компанії FLIR Systems.

Компанія FLIR Systems є одним з піонерів і визнаним світовим лідером у розробці та виробництві тепловізійної техніки. Її продукція – тепловізійні камери вже майже 50 років працюють по усьому світі і використовуються в самих різних областях від технічної діагностики й завдань забезпечення безпеки до проведення наукових досліджень і медичної діагностики. Компанія FLIR Systems робить самий широкий спектр устаткування для рішення практично всіх завдань, пов'язаних із застосуванням тепловізійної техніки. Будучи єдиною у світі вертикально



інтегрованою компанією в даній області, вона може набагато швидше конкурентів вести розробку нового обладнання, сполучаючи в часі такі стадії як створення нових детекторів, розробку електроніки і ПЗ. Впровадження нових розробок у промислові моделі вимагають значних витрат і під силу тільки компаніям зі значними обсягами виробництва.

ІК технології мають цілий ряд особливостей. Це стосується й розробки детекторів, і виготовлення германієвої оптики, що істотно відрізняється від оптики для видимої частини спектра, і сполучення компонентів у єдину цілісну систему, що дозволяє одержати достовірні й стабільні результати при діагностиці різного устаткування.

Орієнтація деяких компаній на створення універсальних і в той же час недорогих тепловізорів, як правило, призводить до зниження їхньої якості й надійності. Безсумнівно, що універсальність тепловизора є важливою характеристикою, однак вона не є визначальною для діагностики певного вузького класу технічних об'єктів. Застосування універсальних тепловізорів найбільш ефективно в наукових дослідженнях, при діагностиці таких об'єктів, які значно відрізняються по своїх властивостях, розташуванню, далекості від оператора тощо, а також при вирішенні спеціальних завдань. Звабна ж для споживача можливість придбати тепловізор „на всі випадки життя”, як правило, призводить до необґрунтованих витрат, що не відповідають вимогам даного конкретного завдання діагностики (вартість високоякісного універсального тепловизора досить висока), або купівлі недорогого універсального тепловизора не дуже високої якості, які зараз пропонуються в цьому секторі ринку – тобто в цьому випадку низька величина показника ціна/якість веде до зниження вірогідності результатів діагностики.[3]

Системний підхід компанії FLIR Systems до розробки й виробництва тепловізійного устаткування дозволив створити широкий спектр тепловізорів як універсального, так і спеціалізованого призначення, і забезпечив істотне зниження їхньої ціни за рахунок виключення апаратної й, відповідно, програмної надмірності, не знижуючи при цьому їх цільових функціональних і експлуатаційних якостей. Разом із ПЗ вони дозволяють реалізувати найбільш

зручні й зроблені на сьогоднішній день тепловізійні системи. Завдяки цьому кожен користувач може вибрати ІК камеру з влаштованим його набором функцій, не переплачуючи за зайві, але і не випробовуючи недоліку в дійсно необхідних функціях.

#### **1.4 Професійна серія тепловізорів ThermaCAM**

Професійна серія ThermaCAM P включає моделі P25, P45 і P65 і камеру ThermaCAM B20 - спеціально розроблену для застосування в системах охорони. Ці моделі побудовані на базі неохолоджуваних мікроболометричних детекторів останнього покоління розміром 320x240 пікселів ULIS або VAE (варіант, що вимагає одержання ліцензії). Тепловізор ThermaCAM P65 має такі функції профілю користувача – збереження персональних налаштувань для кожного оператора, що підключається лампа підсвічування для роботи в умовах поганої освітленості, можливість фіксації верхньої, нижньої або обох границь діапазону для одержання контрастних термограм у складних умовах зйомки.

Тепловізори P-серії дозволяють вимірювати температуру в діапазоні 40÷500°C із можливістю його розширення до 1500° або 2000°C. Температурна чутливість 0,08°C. Камери мають убудований об'єктив з кутом поля зору 24°, широкий набір змінної оптики від 7° до 80° і функцію автоматичного розпізнавання об'єктива, 2-х, 4-х, 8-ми кратне цифрове збільшення. Модель тепловізора ThermaCAM P65 підтримує протокол Bluetooth для запису голосових коментарів.

Інша серія ThermaCAM E з'явилася на ринку в 2003 р. і була представлена моделями E2 і E4. Поява цих професійних тепловізорів з матрицями розміром 160x120 пікселів знизилася цінову планку входження в світ ІК діагностики, і дозволила компаніям з обмеженим бюджетом використовувати її у своїй щоденній роботі. При мінімальній вазі близько 700 грамів, тепловізори серії E відповідають стандартам промислової безпеки IP54 і мають більшість функцій моделей більш високого класу. В 2004 р. на зміну цим камерам прийшли моделі E25, E45 і E65, а також камера ThermaCAM B2 для застосування в системах охорони. Нові

тепловізори серії E сумісні із професійним ПЗ й можуть використовуватися на великих підприємствах як доповнення до камер Р-Серії. У даних камер немає вбудованого об'єктива - з ними можна замовити будь-який набір змінних об'єктивів з полями зору від 9° до 60° і ручним фокусуванням. Всі камери оснащені лазерним покажчиком LocatIR. Діапазон вимірюваних температур для E-Серії – 20÷250°C із можливістю розширення до 900°C, чутливість 0,1°C, рисунок 1.1. Ці характеристики задовольняють вимогам існуючих і знову розроблювальних методик діагностики електричного і тепломеханічного устаткування.[3]

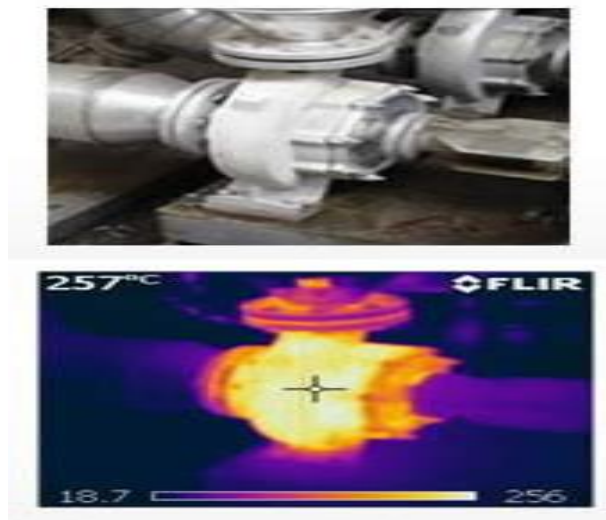


Рис. 1.1 Вимірювання температур за допомогою тепловізора E-серії

Найближчим часом очікується модель ThermoCAM E320 (її модифікація для будівельних застосувань В4), створена на базі нового детектора Indigo 320x240 пікселів. Дана камера посяде верхній рядок в E-серії. Її чутливість 0,08°C відповідає межі для неохолоджуваних мікроболометричних матриць (чутливість вище цього значення, про яку заявляють деякі виробники, є лише наслідком коректності методик її визначення), стандартний діапазон вимірюваних температур -20÷500°C і краща відтворюваність результатів вимірів  $\pm 1^\circ\text{C}$  або  $\pm 1\%$ . Також вперше в камерах економ класу буде реалізована функція 2-х і 4-х кратного цифрового збільшення.

З усіма тепловізорами поставляється ПЗ ThermaCAM Quick see, що дозволяє створювати стандартні звіти, змінювати параметри зйомки та визначати значення температури в кожній точці термограми. Професійний варіант - повністю русифікована програма ThermaCAM Reporter 7.0 Professional, що являє собою окремий модуль, що вбудовується в текстовий редактор WORD. Дана програма забезпечує створення звітів довільної форми вручну або за допомогою готових форм у середовищі, знайомій будь-якому користувачеві комп'ютера.[4]

Зображення в тепловізорах ThermaCAM зберігаються в радіометричному форматі JPEG, що дозволяє відтворювати звіти, використовуючи програмне забезпечення, наявне на будь-якому комп'ютері. Крім того, устаткування підтримує такі розповсюджені стандарти як AVI, USB, FireWire, IrDA, Bluetooth, Word, PDF.

### **1.5 Сфери застосування тепловізорів**

Теплобачення знайшло застосування в багатьох сферах людської діяльності. В XXI столітті на зміну всіляким приладам нічного бачення й системам відеоспостереження прийшли більш досконалі прилади – тепловізори. Наприклад, тепловізори застосовуються з метою військової розвідки й охорони об'єктів. У ручний тепловізор нічний візир людини можна побачити в повній темряві на відстані 300 м.

Застосування тепловізорів сьогодні можливо практично в будь-яких виробничих, охоронних і не тільки сферах діяльності людини. Застосування тепловізорів для людини абсолютно безпечно, тепловізійний контроль дає готовий аналіз стану встаткування або спостереження за об'єктами вже на момент проведення інфрачервоної діагностики. Широке застосування тепловізори (інфрачервоні камери) одержали у військовій індустрії для координації проведення спецоперацій в темний час доби. Багато таких тепловізорів можуть встановлюватися на літаки-розвідники, для оцінки кількості сил супротивника і їх місць розташування на ділянці бойових дій, тепловізори H-series відносяться до

серії портативних охоронних тепловізорів. В першу чергу тепловізори серії-N призначені для охорони правопорядку й забезпечення безпеки.

Об'єкти звичайної військової техніки видно на відстані 2-3 км. На сьогоднішній день створені відеокамери даного мікрохвильового діапазону з виводом зображення на екран комп'ютера, чутливістю (дозволеною здатністю різниці температур окремих ділянок поверхні) у кілька сотих градуса. Це значить, що якщо ви при вході у свою парадну взяли за ручку дверей, щоб відкрити її, то ваш тепловий відбиток буде видно на цій ручці цілих півгодини. Навіть вдома при виключеному світлі ви будете світити як маяк навіть через фіранку. У метро можна спокійно відрізнити людей, які тільки що ввійшли. А наявність нежитю в людини і чи займався він будь-чим до цього, можна спостерігати на відстані в кілька сотень метрів. Про розпізнавання недавно вимкненої машини або про те, хто й коли сидів на даному кріслі навіть нема чого й говорити.

Наприклад, тепловізори H-series розподіляються на портативні тепловізори для забезпечення безпеки та охорони правопорядку і тепловізійні камери для морських додатків. Камери серії H – це портативні ударостійкі тепловізори. Вони формують чітке інфрачервоне зображення в нічний час і в складних погодних умовах. Завдяки тепловізорам серії H фахівці із забезпечення безпеки й співробітники служб охорони правопорядку можуть розглянути порушника навіть у повній темряві, крізь густий дим або туман та зарослі чагарнику або листя дерев. Від всевидючого ока тепловізорів H-series сховатися неможливо. Тепловізійні системи можна використовувати для спостереження за територією і границями приватних володінь, комерційних ділянок і комунальних споруджень. Морські тепловізори HM-Series - це портативні ударостійкі тепловізійні камери. HM-Series можна використовувати на борті будь-якого судна. Яхти, комерційні судна, великі й дрібні буксири, допоміжні, поліцейські й патрульні судна, всі вони тільки виграють при застосуванні тепловізорів.

З падінням цін на тепловізори швидко розширюється й область застосування тепловізорів. Замасковані в лісовій хащі диверсанти виглядають на екрані тепловізора яскравими й чіткими контурами. Але виявлення замаскованого

супротивника - не єдина спеціалізація тепловізорів. Наприклад, на стоянці автотранспорту відразу видний автомобіль, що тільки під'їхав. На дорозі чітко світяться гусеничні сліди від нещодавно проїхавших танків. Або інші порушення ґрунту - наприклад, від установки мін. Камери Н-seies можна зарахувати і до тепловізорів для полювання.

Окремо варто відзначити - ціна тепловізорів охоронного призначення порівняно невелика. Вартість цих вимірювальних приладів залучає до них увагу все більшого числа покупців. Охоронні тепловізори не тільки порівняно недорогі, але й доступні в обслуговуванні. Це обумовлено відсутністю потреби у вимірі температури об'єкта, вимоги до них небагато відрізняються від тих, що пред'являються до вимірювальних тепловізійних приладів. Основною функцією охоронного тепловізора є створення теплового зображення зловмисника, що проникнув на територію об'єкта, при цьому важливу роль грає не тільки чіткість зображення, що дуже сильно впливає на стійкість до формування фіктивних тривог, але й відстань, на якому може бути виявлений порушник. Робочий діапазон температур тепловізора при цьому повинен бути мінімальний, також підсилюючи стійкість до помилкових спрацьовувань приладу.[4]

У системах охоронного відеоспостереження часто використовуються охоронні камери у сполученні з тепловізором на неохолоджуваних детекторах у порівнянні із кремнієвим мікроболометром їхнє зображення стабільно якісне, а устаткування в рази чутливіше і менш капризне в несприятливих погодних умовах, наприклад, в умовах морозної зими. Все це служить серйозним критерієм вибору на користь мікроболометрів і тепловізорів на їхній основі для безперервного спостереження за об'єктом у будь-яких погодних умовах і темний час доби.

Перспективне використання тепловізорів для знаходження дефектів у різних установках. Природно, коли в якій-небудь установці або вузлі спостерігається підвищення або зниження тепловиділення, при якому-небудь процесі в місцях, де цього не повинно бути, або тепловиділення (тепловбирання) у подібних вузлах сильно різниться, то неполадку можна вчасно виправити. Іноді деякі дефекти можна помітити тільки за допомогою тепловізора. Наприклад, на мостах і важких

опорних конструкціях при старінні металу або нерозрахованих деформацій починає виділятися більше енергії, ніж повинно бути. З'являється можливість діагностувати стан об'єкта, не порушуючи його цілісності, хоча можуть виникнути труднощі, пов'язані з не дуже високою точністю, викликаною проміжними конструкціями.

Таким чином, тепловізор можна використовувати як оперативний і, мабуть, єдиний контролер стану безпеки багатьох об'єктів і запобігати катастрофи. Перевірка функціонування димоходів, вентиляції, процесів тепло- і масообміну, атмосферних явищ стає на порядок зручніше, простіше, інформативніше.

Області застосування тепловізорів: енергетика й енергоаудит, машинобудування, медицина, будівництво, нафтова і хімічна промисловість, транспорт і т.д. За допомогою тепловізора можна оперативно визначити передумови виникнення й наявність дефектів у нафто- і газопроводах, у теплотрасах, водопроводах і електричних з'єднаннях, тим самим попередити серйозні аварії. Своєчасне виявлення за допомогою тепловізора температурних аномалій і тепловтрат, що відбивають невидимі небезпечні процеси навколо нас, дозволить вжити заходів для усунення причин можливих аварій на підприємствах. Застосування тепловізора в аеропортах і вокзалах як прилад для виміру температури людини набагато ефективніше звичайних контактних термографів. Завдяки високій швидкості безконтактного виміру температури тепловізором і зручності використання тепловізора пасажир навіть не помітить, що його температуру виміряли. Використання тепловізора з автокомпенсацією температури дозволяє визначити підвищену температуру тіла людини і, провівши додаткове обстеження, запобігти переміщенню за кордон хворих пасажирів, зараз тепловізори FLIR з автоматичною компенсацією температури повсюдно впроваджуються в аеропортах для виявлення хворих грипом. Широке застосування тепловачення знайшло в медицині, а також в енергетиці.



Рис. 1.2 Виявлення „гарячого” з’єднання в підстанції за допомогою тепловізора

На цьому ІЧ-зображенні показане „горяче” з’єднання в підстанції, що подає електроживлення, рисунок 1.2. За допомогою тепловізора видно наявність дефекту електричного з’єднання, пошкодженого при грозі, у результаті чого контакт приварився заново до опорного кронштейна ізолятора.



Рис. 1.3 Порівняння за допомогою тепловізора вікон з одинарним та подвійним остекленням

### **Тепловізори для охорони та безпеки.**

Широке застосування знайшли тепловізори в системах охорони та безпеки об’єктів державної та приватної власності.

На рисунку 1.4 видно, що тепловізійна камера „бачить” тепловий слід відбитків ніг підозрюваного в процесі його переслідування. Без тепловізора співробітник служби безпеки не зміг би визначити напрямок руху підозрюваного.



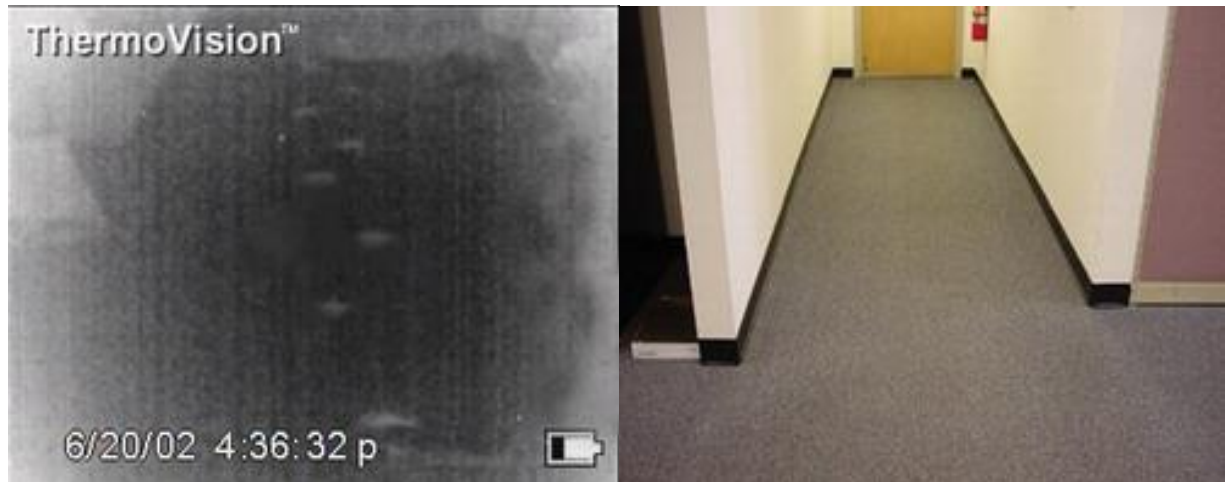


Рис. 1.4 Виявлення за допомогою тепловізора відбитків ніг на підлозі

На рисунку 1.5 і наступних малюнках видно, що тепловізори можна успішно застосовувати в системах забезпечення правопорядку.

З рисунка 1.5 видно, що підозрюваний ховається за листям дерев, і його неможливо побачити неозброєним оком. При цьому підозрюваний одержує перевагу, а співробітник служби безпеки піддається небезпеці. Тепловізор може „бачити” підозрюваного крізь листя, що збільшує ступінь захищеності співробітника служби безпеки.

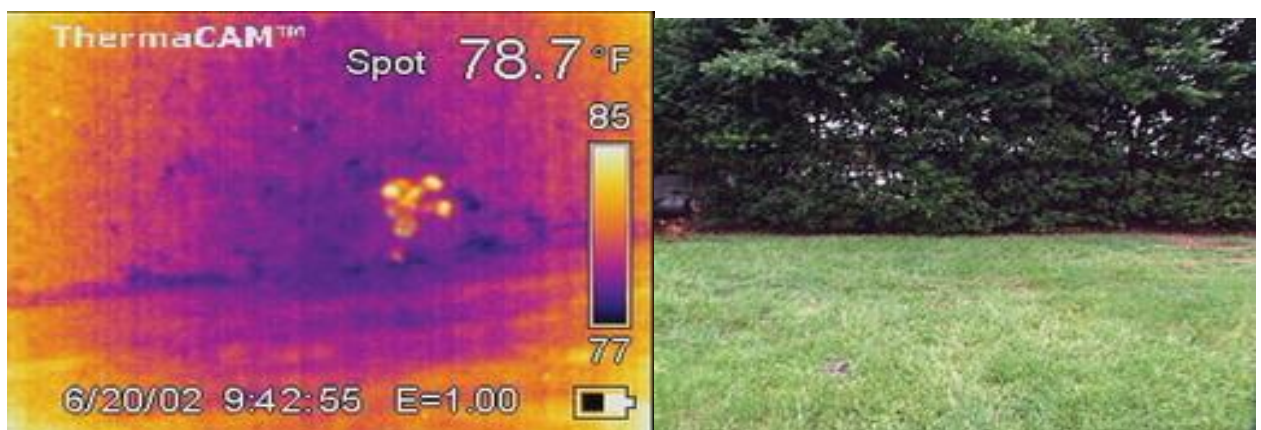


Рис. 1.5 Виявлення за допомогою тепловізора порушника, який сховався за деревами

На рисунку 1.6 співробітник служби безпеки вдивляється в отвір у стельовій плиті і бачить за допомогою тепловізора підозрюваного, котрий ховається в практично повній темряві, ухопившись руками за будівельні балки.



Рис. 1.6 Виявлення за допомогою тепловізора порушника, який сховався на горищі будинку

Як видно з термограми, показаної на рисунку 1.7, підозрюваний (порушник) ховається під машиною.



Рис. 1.7 Виявлення за допомогою тепловізора порушника, який сховався під автомобілем

На термограмі, показаній на рисунку 1.8, підозрюваний (порушник) ховається за машиною.



Рис. 1.8 Виявлення за допомогою тепловізора порушника, який сховався за автомобілем

## 2 КЛАСИЧНІ ЗАКОНИ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

### 2.1 Загальні положення теорії теплового випромінювання

Теплобачення можна назвати універсальним способом одержання різної інформації про навколишній світ. Як відомо, теплове випромінювання має будь-яке тіло, температура якого відмінна від абсолютного нуля. Крім того, переважна більшість процесів перетворення енергії (а до них відносяться всі відомі процеси) протікає з виділенням або поглинанням тепла. Тому що середня температура на Землі не висока, більшість процесів проходять із малим питомим виділенням тепла і при невеликих температурах. Відповідно й максимум енергії випромінювання таких процесів потрапляє в інфрачервоний мікрохвильовий діапазон. Інфрачервоне випромінювання невидиме для людського ока, але може бути виявлено різними приймачами теплового випромінювання і тим або іншим способом перетворено у видиме зображення.

Теплобачення - це науково-технічний напрямок, що вивчає фізичні основи, методи й прилади (тепловізори), що забезпечують можливість спостереження слабонагрітих об'єктів.

Тепловим випромінюванням називається електромагнітне випромінювання, що випускається тілом за рахунок його внутрішньої енергії.

Випромінювання характеризується довжиною хвилі  $\lambda$  і частотою  $\omega$ . Ці величини пов'язані:  $\lambda = 2\pi c / \omega$ .

При вивченні законів теплового випромінювання використовують модельну систему, у якій розподіл енергії між тілом і випромінюванням залишається незмінним для кожної довжини хвилі (або частоти). Такий стан системи „тіло - випромінювання” називається рівноважним.

Енергетичною світністю тіла  $R$  називається потік енергії, що випускається одиницею поверхні тіла в усіх напрямках.

Введемо такі характеристики випромінювання, як:

$r(\omega, \tau)$  -  $\theta$  випускаюча здатність тіла,

$a(\omega, T)$  - поглинаюча здатність тіла.

В 1860 р. Густав Кірхгоф, один з перших дослідників теплового випромінювання, зумів довести, що відношення випромінюючої і поглинаючої здатності тіла не залежить від його природи, а є для всіх тіл однієї й тієї ж (універсальної) функцією частоти й температури

$$r/a = f(\omega, \tau) \text{ или } (r/a)_1 = (r/a)_2 = (r/a)_n = f(\omega, \tau)$$

Одне з основних понять теплового випромінювання - абсолютно чорне тіло, тобто тіло, що поглинає всю, падаючу на нього енергію, ні скільки енергії не відбиває, а тільки випромінює. Теоретичне пояснення законів випромінювання абсолютно чорного тіла мало величезне значення в історії фізики - саме воно привело до поняття про кванти енергії.[6]

Абсолютно чорних тіл у природі не існує. Є речовини (наприклад, сажа або платинова чернь), поглинаюча здатність яких близька до одиниці, але тільки в деяких частотах. Однак можна створити пристрій, як завгодно близький по своїх властивостях до абсолютно чорного тіла. Це майже замкнута порожнина з маленьким отвором. Випромінювання, що проникнуло усередину через отвір, перш ніж вийти назад, перетерплює багаторазові відбиття. При кожному відбитті частина енергії поглинається, у результаті чого майже все випромінювання будь-якої частоти поглинається такою порожниною.

$$j(\lambda, \tau), \text{ Вт/м}^3$$

$$\lambda, \mu \quad T_1 > T_2 > T_3 \quad (2.1)$$

Експериментальні криві залежності випромінюючої здатності абсолютно чорного тіла від довжини хвилі й температури.

Енергетична світність абсолютно чорного тіла сильно зростає з температурою, максимум випромінюючої здатності зі збільшенням температури зрушується убік більш коротких хвиль. За законом Кірхгофа функція частоти й температури  $f(\omega, \tau)$  є не що інше, як випромінююча здатність абсолютно чорного тіла (р ч.т.),  $r/a = f(\omega, T)$  а ч.т.  $\equiv$  1 р ч.т.  $= f(\omega, \tau)$ .

## 2.2 Класичні закони теплового випромінювання

Дослідження рівноважного теплового випромінювання і пошук універсальної функції  $f(\omega, T)$  виступив на перший план у роботах фізиків кінця XIX століття.

До цих досліджень відносяться роботи Стефана і Больцмана, Релея та Джинса, Віна (класична теорія випромінювання) і Планка (квантова).

В 1879 р. Йозеф Стефан, ґрунтуючись на експериментах, вирішив, що енергетична світність будь-якого тіла пропорційна четвертому ступеню температури. Однак через кілька років Больцман довів, що це твердження справедливо тільки для абсолютно чорних тіл. Знайдена ними залежність одержала назву закону Стефана-Больцмана.

Р ч.т. =  $\int f(\omega, T) \cdot d\omega = \sigma \cdot T^4$ , де  $\sigma$  - експериментально знайдена константа.  
 $\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8}$  (Вт/м<sup>2</sup>·К).

Віллі Він знайшов залежність температури абсолютно чорного тіла від максимуму спектра випромінювання ( $\lambda_{\max}$ ). Виявилось, що з підвищенням температури зростає загальна енергія випромінювання, а максимум спектра випромінювання зміщується в область менших довжин хвиль (високих частот).

$$T \cdot \lambda_{\max} = \text{const} \quad (2.2)$$

(const = 2,898 10 м·К – експериментальне значення)

Цей закон називають законом зсуву Віна.

Він також займався пошуком функції спектрального розподілу  $f(\omega, T)$  і знайшов, що вона повинна мати такий вигляд:  $f(\omega, T) = \omega^3 F(\omega/T)$ , де  $F$  - деяка функція відносини частоти до температури. Як буде показано нижче, ця формула справедлива тільки для більших частот.

Введемо поняття щільності рівноважного теплового випромінювання ( $u$ ), тобто енергії, що випускається в даному інтервалі частот (от  $\omega$  до  $\omega+d\omega$ ).

$$d u (\omega, T) = f(\omega, T) \cdot d \omega \quad (2.3)$$

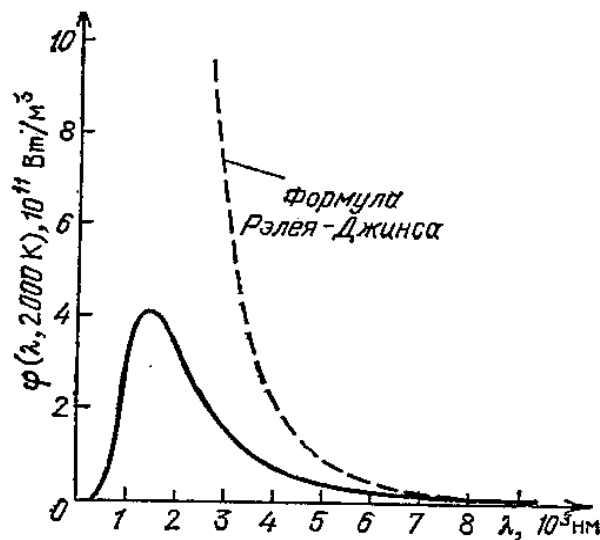
Релей і Джинс зробили спробу визначити залежність щільності випромінювання  $u$  від  $\omega$  и  $T$ , виходячи з теореми класичної статистики про рівнорозподілені енергії по ступенях волі. Вони припустили, що на кожне електромагнітне коливання доводиться в середньому енергія, рівна  $kT$ :  $kT/2$  на електричну і  $kT/2$  на на магнітну енергію хвилі.

Вони одержали:

$$f(\omega, T) = \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT \quad (2.4)$$

Ця формула задовільно погоджується з експериментом тільки в області малих частот (інфрачервоному спектрі) і різко розходиться в ультрафіолетовому спектрі. З їхньої формули випливало, що внаслідок теплообміну кожне тіло повинне віддати всю свою енергію випромінюванню й остудитися до абсолютного нуля. Цей висновок був названий ультрафіолетовою.

Криві залежності випускаючої здатності абсолютно чорного тіла від довжини хвилі. Суцільна крива отримана експериментально, штрихова крива побудована по



формулі Релея-Джинса. Із графіка видно, що при  $\lambda \rightarrow 0$  ( $\omega \rightarrow \infty$ )  $r(\omega, T) \rightarrow \infty$ .

З погляду класичної теорії випромінювання висновок формули Релея-Джинса бездоганний. Тому розбіжність цієї формули з досвідом вказувала на існування якихось закономірностей, несумісних з поданнями класичної фізики.

### 2.3 Формула Планка та виведення з неї класичних законів

19 жовтня 1900 року на засіданні фізичного товариства в Берліні Макс Планк запропонував свою формулу, що, як він вважав, допомагала усунути вищеописані невідповідності.

Тоді він знайшов її напівемпіричним шляхом, і тільки в процесі її теоретичного обґрунтування виявив, що це рівняння справедливе тільки при допущенні, що енергія може випромінюватися й поглинатися не безупинно, а лише у відомих неподільних порціях – квантах (квант енергії – „ε”;  $\varepsilon = \hbar\omega$ , де  $\hbar$  – постійна Планка;  $\hbar = 1,0546 \cdot 10^{-34}$  Дж·с). [7]

На відміну від класичного осцилятора, енергія якого дорівнює  $kT$ , енергія квантового дорівнює  $\hbar\omega / \exp(\hbar\omega/kT) - 1$ .

Отже, Планку вдалося знайти універсальну  $f(\omega, T)$ , у точності погоджувану з дослідженнями:

$$f(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2c^2} \frac{1}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1} \quad (2.5)$$

Як доказ того, що формула Планка є більше загальною, виведемо з її деякі класичні закони, як часткові випадки.

Виведемо закон Стефана-Больцмана.

$\hbar/4\pi^2c^2$  - константа. Позначимо її  $A$ .

Тоді для енергетичної світності чорного тіла одержуємо:

$$R = \int_0^{\infty} f(\omega, T) \cdot d\omega = \int_0^{\infty} \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2c^2} \frac{d\omega}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1} = \int_0^{\infty} A \frac{\omega^3 d\omega}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1} \quad (2.6)$$

(Енергетична світність абсолютно чорного тіла - це інтеграл, тобто межа суми, по всіх частотах).

Введемо замість  $\omega$  безрозмірну величину  $x$ , рівну  $\hbar\omega/kT$ .

Тоді  $\omega = kTx / \hbar$

$d\omega = kTdx/\hbar$



$$\omega^3 = (kT/h)^3$$

При підстановці одержуємо: 
$$R = A \left( \frac{kT}{h} \right)^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{\exp x - 1} \quad (2.7)$$

Тому що інтеграл – це межа суми (тобто число), а  $Ak^4/h^4$  - константа, то  $R \sim T^4$ , або  $R = \sigma T^4$  – закон, який Стефан і Больцман знайшли експериментально в 1884 р. (З таблиці певних інтегралів відоме значення інтеграла в останнім вираженні. Воно дорівнює  $\pi^4/15 \approx 6,5$ ).

При низьких частотах і високих температурах формула Планка переходить у формулу Релея-Джинса, що, як ми вже відзначали, погодиться з дослідами тільки в інфрачервоному спектрі. При малих частотах ( $\omega$ ) і більших температурах ( $T$ )  $\hbar\omega \ll kT$  и  $\hbar\omega/kT \ll 1$ .

Позначимо  $\hbar\omega/kT$  через  $x$ .

$e^x$  при розкладанні в ряд дає:

$$e^x = 1 + x + x^2/2 + \dots \approx 1 + x$$

Тоді  $e^x - 1 = 1 + x - 1 = x$  (з точністю до величин першого порядку)

Підставимо у формулу Планка з розкриттям  $x$ :

$$f(\omega, T) = \frac{n \omega^3}{4\pi^2 c^2} \frac{kT}{n \omega} = \frac{\omega^2}{4\pi c^2} kT \quad \text{– формула Релея-Джинса.} \quad (2.8)$$

При високих частотах і низьких температурах формула Планка переходить у закон Віна.

Так як  $\hbar\omega/kT \gg 1$ , то  $e^{\hbar\omega/kT} - 1 \approx e^{\hbar\omega/kT}$ .

Нехай  $\hbar/4\pi^2 c^2 = A$ , тоді

$$f(\omega, T) = A \cdot \omega^3 \cdot e^{-\hbar\omega/kT} = \omega^3 \cdot F(\omega/T) \quad \text{– закон Віна.} \quad (2.9)$$

Таким чином, формула Планка дає вичерпний опис рівноважного теплового випромінювання.

## 2.4 Теорія інфрачервоного випромінювання

Інфрачервоне випромінювання є низькоенергетичним і для ока людини невидиме, тому для його вивчення створені спеціальні прилади - тепловізори (термографи), що дозволяють уловлювати це випромінювання, вимірювати його й перетворювати його у видиму для ока картину. Тепловізори відносяться до оптико-електронних приладів пасивного типу. У них невидиме оком людини випромінювання переходить в електричний сигнал, що піддається посиленню й автоматичній обробці, а потім перетворюється у видиме зображення теплового поля об'єкта для його візуальної й кількісної оцінки.

Діапазон інфрачервоного випромінювання ділиться на кілька фрагментів, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

### Діапазони інфрачервоного випромінювання

| Довжина хвиль (мкм) | Назва                                       |
|---------------------|---|
| 0,76-1,5            | Ближнє інфрачервоне випромінювання          |
| 1,5-5,5             | Короткохвильове інфрачервоне випромінювання |
| 5,6-25              | Довгохвильове інфрачервоне випромінювання   |
| 25-100              | Далеке інфрачервоне випромінювання          |

Перші тепловізійні системи були створені наприкінці 30-хр. 20 ст. і частково застосовувалися в період 2-ї світової війни для виявлення військових і промислових об'єктів.

Загальний принцип пристрою всіх тепловізорів показаний на рисунку 2.1.

Інфрачервоне випромінювання концентрується системою спеціальних лінз і попадає на фотоприймач, що вибірково чутливий до певної довжини хвилі інфрачервоного спектра. Потрапляючи на нього, випромінювання призводить до зміни електричних властивостей фотоприймача, що реєструється та підсилюється електронною схемою. Отриманий сигнал піддається цифровій обробці й цьому значенню передається на блок відображення інформації. Блок відображення

інформації має колірну палітру, у якій кожному значенню сигналу привласнюється певний колір. Після цього на екрані монітора з'являється точка, колір якої відповідає чисельному значенню інфрачервоного випромінювання, що потрапило на фотоприймач. Скануюча система (дзеркала або напівпровідникова матриця) проводить послідовний обхід всіх точок у межах поля видимості приладу й у результаті ми одержуємо видиму картину інфрачервоного випромінювання об'єкта. Чутливість детектора до теплового випромінювання тим вище, чим нижче його власна температура, тому його поміщають у спеціальній пристрій - „холодильник”.

Найбільш примітивний, незручний і самий розповсюджений вид охолодження за допомогою рідкого азоту. Це, звичайно, дозволяє остудити детектор до низьких температур, але носити із собою посудини Дюара дуже незручно. Інший вид - за допомогою елементів Пельтье (напівпровідників, що дають перепад температур (тепловий насос) при пропусканні через них струму).

Є ще один вид „неохолоджуємих тепловізорів”, що працюють по іншому принципу, але характеристики їх поки помітно гірше, проте вони набагато мобільніші.

Таким чином, на екрані тепловізора ми бачимо значення потужності інфрачервоного випромінювання в кожній крапці поля зору тепловізора, відображені відповідно до заданої колірної палітри (чорно-білої або кольорової). Висока чутливість тепловізорів реалізується завдяки наявності високочутливих напівпровідникових приймачів випромінювання з антимоніду індію InSb, ртуть-кадмій-телуру Hg-Cd-Te і ін.

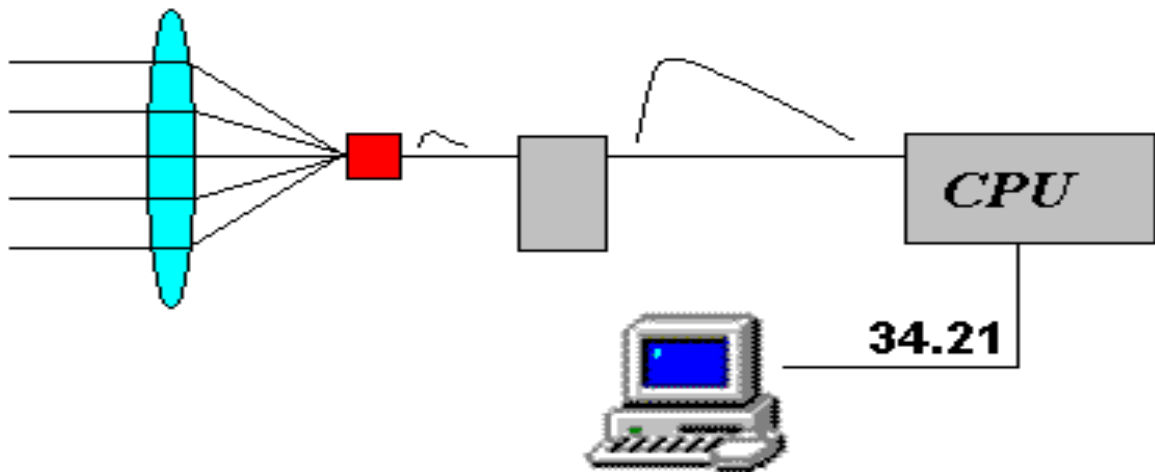


Рис. 2.1 Загальний принцип устрою тепловізорів

## 2.5 Устрій типових тепловізорів

Тепловізорами називають прилади, що служать для реєстрації власного теплового випромінювання досліджуваних об'єктів з наступним формуванням їхніх адекватних зображень, які можуть розглядатися неозброєним оком.

Принцип дії тепловізійних приладів заснований на перетворенні природного теплового випромінювання від об'єктів і місцевості у видиме зображення. Обов'язковою умовою його формування є наявність температурного контрасту між об'єктом і місцевістю (тлом), а в межах контуру об'єкта - між його окремими елементами. Сучасні тепловізійні прилади здатні сприймати температурні контрасти до 0,05 - 0,1 К.[10]

Останнім часом з'явилися тепловізори, що працюють при кімнатній температурі.

Пристрій тепловізорів розглянемо на прикладі тепловізора ThermaCAM P640 з неохолоджуваним мікроболометром і з убудованою цифровою відеокамерою. Цей тепловізор (рисунок 2.2) може працювати при кімнатній температурі. Розрізняють тепловізори з оптико-механічними й з фотоелектронними системами сканування. У перших розгорнення розглянутого об'єкта на елементи здійснюється деталями оптичної системи, що переміщуються за певним законом, що дозволяє послідовно направляти випромінювання з різних елементів об'єкта на приймач

променистої енергії. У тепловізорах з фотоелектронними системами сканування зображення об'єкта проектує на мішень передавальної трубки; розгорнення зображення на елементи виробляється електронним променем.

Функціональна схема передавальної тепловізійної камери з піріконом складається з:

1 - інфрачервоного об'єктива; 2 - модулятора із блоком керування; 3 - котушки розгорнення; 4 - ФОС; 5 - пірікона; 6 - попереднього підсилювача; 7 - підсилювача-інвертора; 8 - підсилювача-формувача; 9 - блоку підготовки й формування п'єдесталу; 10 - датчика положення модулятора; 11 - датчика частоти обертання модулятора; 12 - схеми стабілізації частоти обертання модулятора; 13 - блоку електроживлення; 14 - синхрогенератора.



Рис. 2.2 Тепловізор ThermoCAM P640

Блок-схема тепловізійного приладу третього покоління представлена на рисунку 2.3, де (1) - ІЧ-об'єктив, (2) - матриця ІЧ-фотоприймачів, (3) - блок охолодження або термостабілізації матриці, (4) - передпідсилювачі, (5) - мультиплексор, (6) - аналоговий коректор неоднорідності сигналів, (7) - аналого-цифровий перетворювач, (8) - цифровий коректор неоднорідності сигналів, (9) - коректор непрацюючих елементарних фотоприймачів матриці, (10) - блок формування зображення з мікропроцесорною обробкою відеосигналу, (11) - цифровий вихід для підключення до персонального комп'ютера, (12) - ТВ-монітор, (13) - окулярна система, (14) - тактовий генератор, (15) - первинне джерело живлення (акумуляторна батарея).

Наявність елементів (3) і (13) необов'язкова й залежить від типу приладу.

Неоднорідності сигналів елементарних фотоприймачів матриці попередньо коректуються в аналоговій формі, перетворюються в цифрову й коректуються з використанням даних, отриманих у процесі калібрування.

Далі сигнали виправляються (можливо, вирахування непрацюючих елементів матриці з їхнім заповненням) і направляються в блок формування зображення (10). На його виході інформація видається або як відеосигнал, що направляється у ТВ-монітор, або в цифровій формі для передачі в персональний комп'ютер.

Для глибокого (криогенного) охолодження матриці ( $T = 75 - 80 \text{ K}$ ) використовується газова холодильна машина, що працює по замкнутому циклі Спліт-Стирлінга. Для неглибокого охолодження ( $T = 150 - 250 \text{ K}$ ) або термостабілізації роботи неохолоджуваної матриці використовується система термоелектричного охолодження.[7]



Рис. 2.3 Блок-схема тепловізійного приладу третього покоління

Зовнішній вигляд типової ІЧ-матриці показаний на рисунку 2.4, а її обрамлення електронними платами із захисним вікном з германія - на рисунку 2.5. На рисунку 2.6 показані типові охолоджувачі, що працюють по циклі Спліт-

Стирлінга, на рисунку 2.7 - прийомний модуль, що містить ІЧ-матрицю, охолоджувач і електронний блок, що включає буферний підсилювач і аналого-цифровий перетворювач. На рисунку 2.8 показаний мікропроцесорний модуль обробки відеосигналу, прийомний модуль і модуль ІЧ-об'єктива як складові частини тепловізійного приладу. Подібний принцип побудови приладів зі стандартних модулів (SIM - Standard Imaging Module) взагалі характерний для сучасного тепловачення. Він забезпечує високий ступінь уніфікації приладів, спрощує складання й налагодження, знижує вартість.

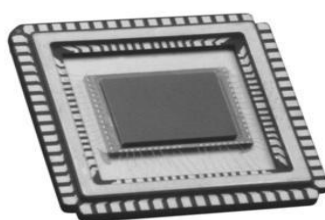


Рис. 2.4 Зовнішній вигляд ІЧ-матриці



Рис. 2.5 ІЧ-матриця із захисним вікном з германію в оздобленні електронних плат



Рис. 2.6 Охолоджувачі, які працюють в циклі Спліт-Стирлінга



Рис. 2.7 Приймальний модуль

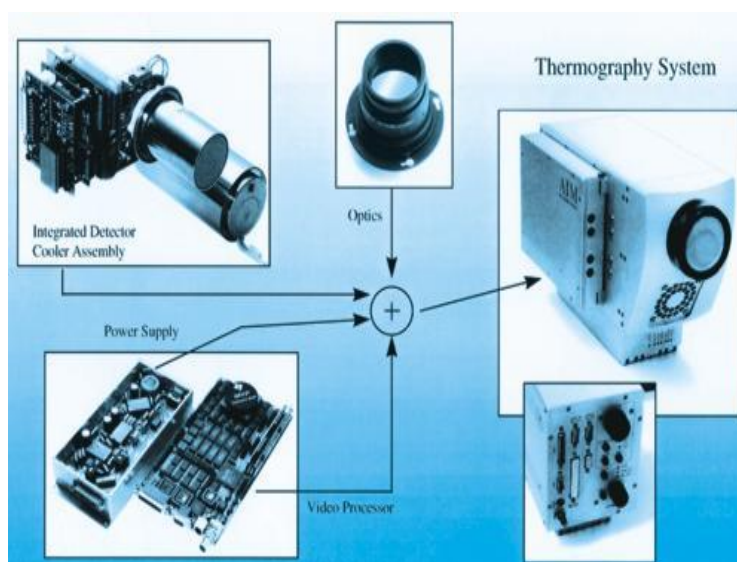


Рис. 2.8 Складові частини тепловізійного приладу

Як матеріали для піроелектричних приймачів випромінювання використовуються цирконати свинцю, ніобати й титанати барію-стронцію, сополімери вініленфториду. Як матеріали для мікроболометрів використовуються модифікації окислів ванадію  $V_xO_y$ , полікристалічний і аморфний кремній.

Принцип роботи мікроболометра полягає в зміні опору матеріалу при поглинанні ІЧ-випромінювання. Маса кращих тепловізійних приладів на мікроболометрах доходить до  $\sim 0,5$  кг, а ІЧ-чутливих модулів - до 0,2 кг. Чутливість, що характеризується NETD (Noise Equivalent Temperature Difference) -



еквівалентна шуму різниця температур для кращих приладів досягає порядку 50 мК при рекордному значенні 20 мК, типових - 100 мК, середніх - 150 мК, буває NETD = 300 - 400 мК. Формат матриці в основному 320x240 пікселів, хоча відомі матриці із числом пікселів 640x480 із кроком 28 мкм. Конкурентами приладів на мікроболометрах є прилади на піроелектричних приймачах. У них при впливі ІЧ-випромінювання змінюється спонтанна поляризація або діелектрична проникність чутливого конденсаторного елемента. Хоча в таких приладах і використовуються механічні модулятори, прилади також не вимагають охолодження й працюють у тій же області спектра. По чутливості вони трохи гірше: NETD не краще 80 мК, типово 100 - 150 мК. Використовується найчастіше той же формат 320x240 пікселів, але є й формат 640x512, а в тепловізійному біноклі LION - 512x256.[8]

Тепловізійні прилади, що працюють у далекому діапазоні інфрачервоних хвиль (від 3 до 14 мкм), мають переваги в порівнянні із ПНБ, тому що їхня робота не залежить від рівня природної освітленості. Крім того, вони мають скритність і велику дальність дії, здатні виявляти замасковані об'єкти. На них слабо впливають задимлення й запиленість атмосфери, тому не роблять засвічення. ТПВ здатні виявляти сліди автомашини і іншої техніки, здатні безпосередньо передавати інформацію з каналів зв'язку.

Для одержання видимого зображення тепловипромінюючого об'єкта скануючий пристрій разом з оптичною системою здійснює розкладання (розгорнення) об'єкта на деяке число елементарних площадок. Кожна така площадка, називана елементом розкладання, є найменшою деталлю, що може відтворити дана система. Аналіз інтенсивності теплового випромінювання окремих елементів виробляється приймачем променистої енергії, з виходу якого послідовно в часі знімаються дискретні сигнали, що містять інформацію про тепловипромінюючий об'єкт. Сигнали передаються по одному каналу у відтворюючий пристрій (кінескоп), що перетворює їх у видиме електронне зображення. Оскільки в кожний момент часу на екрані кінескопа відтворюється тільки один елемент зображення, закон руху електронного променя кінескопа повинен бути ідентичний закону розгорнення, що досягається застосуванням

синхронізуючих пристроїв. У канал, що зв'язує передавальний і відтворюючий пристрої тепловізора, одночасно з відеосигналом повинні подаватися сигнали синхронізації.

У більшості випадків у тепловізорах застосовується телевізійне розгорнення: промінь рухається з постійною швидкістю по двох взаємно перпендикулярних напрямках. Рух по горизонталі створює рядкове розгорнення; прокреслені при цьому лінії називаються рядками. У результаті переміщення по вертикалі, створюваного кадровим розгорненням, всі рядки розташовуються одна під іншою. За один період кадрового розгорнення відбувається передача нерухливого зображення, названого кадром.

Сутність фотоелектронної системи сканування полягає в тому, що зображення досліджуваного теплового поля проектує на чутливу площадку приймача, а потім „продивляється” електронним променем, керованим електростатичним або магнітним полем. Ці системи сканування досить перспективні, тому що з їхньою допомогою можна стежити за короточасними процесами, і за об'єктами, що переміщаються швидко.

Найбільшу перспективу використання в тепловізорах з електронним скануванням мають телевізійні трубки з піроелектричною мішенню (пірікони).

Однак піроелектричний матеріал чутливий лише до зміни температури, тому інфрачервоне зображення тепловипромінюючого об'єкта, що викликає зміну температури мішені, повинне змінюватися в часі. Якщо об'єкт рухається або випромінювання, що падає на мішень, яким-небудь чином модулюється, перетворення теплового зображення об'єкта у видиме не викликає складностей.

У передавальній камері використовується тимчасова модуляція потоку випромінювання об'єкта, здійснювана дисковим модулятором із послідовними прозорими й непрозорими секторами. Модулятор постачений схемою стабілізації частоти обертання й забезпечує постійну частоту переривання потоку, рівну 12,5 Гц. Для цього в схему стабілізації подаються опорні імпульси синхрогенератора й імпульси від датчика частоти обертання модулятора. Електропривод модулятора управляється напругою, що знімається зі схеми стабілізації.

Блок підготовки пірікона до дії здійснює поляризацію й розряд мішені, включення робочого режиму. Цей блок також формує імпульси, що подаються під час зворотного коду по рядках у катод пірікона й служить для створення електронного п'єдесталу на мішені.

Інфрачервоне випромінювання об'єкта спостереження падає на об'єктив, що формує зображення в площині мішені пірікона.

Після попереднього посилення відбувається виділення інформаційної частини сигналу. Для одержання уніполярного відеосигналу при модуляції падаючого потоку випромінювання служить підсилювач-інвертор. Інвертування виробляється керуючими імпульсами, що надходять у схему від датчика положення лопат модулятора. Сигнал з підсилювача-інвертора надходить у підсилювач-формувавч, з виходу якого знімається відеосигнал позитивної полярності амплітудою не менш 1В на навантаженні 75 Ом.

Блок розгорнень і формування відеосигналу містить синхрогенератор, генератор кадрового й рядкового розгорнень, підсилювач-формувавч і блок живлення.

Тепловізор може працювати в режимі спостереження об'єкта без обробки відеосигналу й у режимі нагромадження відеосигналу з наступним проведенням міжкадрової різницевої обробки. У першому випадку відеосигнал з підсилювача-формувавча надходить на стандартний відеоконтрольний пристрій, а в другому - у блок пам'яті. Призначення блоку пам'яті - накопичувати корисний сигнал від об'єкта й, таким чином, згладжувати нерівномірність тла мішені й підвищувати відношення сигнал/шум при наступному зчитуванні мішені.

## **2.6 Фактори, що впливають на ефективність тепловізійного устаткування**

Застосування тепловізорів для виявлення засобів зйому інформації обумовлене тим, що при працюючій апаратурі змінюється інтенсивність

інфрачервоного випромінювання (ІЧ), що може бути зареєстровано названим приладом.

ІЧ-випромінювання випускається всіма тілами при будь-якій температурі, відмінної від абсолютного нуля.

ІЧ-промені часто називають також тепловими променями. У дійсності вони не мають ніяких теплових властивостей. Однак тепловий ефект є тільки результатом поглинання ІЧ-променів і не становить їхньої специфічної ознаки.

ІЧ-випромінювання є частиною оптичного випромінювання і займає в спектрі електромагнітних коливань діапазон від 0,76 до 1000 мкм, причому спектр випромінювання твердих тіл характеризується безперервним розподілом випромінювання по всьому діапазону з єдиним максимумом, положення якого залежить від температури тіла і визначається законом зсуву Віна, відповідно до якого довжина хвилі максимального випромінювання обернено пропорційна абсолютній температурі.

ІЧ-область спектра прийнято ділити на чотири частини: ближню, середню, далеку і дуже далеку.

Такий розподіл пов'язаний з особливостями проходження ІЧ-випромінювання через атмосферу, що поглинає або в значній мірі послаблює випромінювання певних частин спектра за рахунок розсіювання і поглинання його молекулами водяної пари, вуглекислого газу і озону. Ділянки спектра ІЧ-випромінювання, на яких ІЧ-промені проходять через атмосферу з незначним ослабленням, називають атмосферними вікнами. Туман і хмари сильно розсіюють випромінювання і по суті непрозорі для ІЧ-променів, але через дощ, наприклад, ІЧ-випромінювання проходить досить вільно.[9]

Важливо помітити також, що земна атмосфера пропускає через атмосферні вікна до 65 % сонячного випромінювання в ІЧ-області спектра. Виходячи з розрахунків спектральної щільності випромінювання реальних об'єктів, температура яких значно не відрізняється від температури навколишніх предметів на рівні температури близької до 300К (27°C), а також з огляду на пропущення атмосфери, встановлено, що оптимальним є вікно 8 - 13 мкм, що й використовують

при конструюванні тепловізійних приладів. У цьому вікні ослаблення ІЧ-випромінювання при товщині шару осажденої води 17 мм на відстані 1,8 км становить у середньому близько 30 %, тобто для тих відстаней, з яких виробляється виявлення працюючого встаткування, атмосфера практично не послабляє інтенсивності інфрачервоного випромінювання.

Починаючи з 14 мкм, поглинання всіма компонентами атмосфери стає настільки сильним, що в спектральному діапазоні 14 - 200 мкм атмосфера практично непрозора для ІЧ-променів.

При оцінці інтенсивності ІЧ-випромінювання великий вплив на результати робить кут між нормаллями до поверхні випромінювання і площини приймача або віссю оптичної системи приймача. Чим більше кут, тим менша частина потоку ІЧ-випромінювання потрапляє на площадку приймача. Для кожної форми випромінювача існує граничний кут, перевищення якого призводить до того, що ІЧ-випромінювання взагалі не потрапляє на приймач.

Цю обставину необхідно враховувати при виборі точки розташування тепловізійних приладів, намагаючись розташувати оптичну вісь приймача по можливості перпендикулярно випромінюючій поверхні.

ІЧ-контроль бажано проводити при відсутності сонця (у хмарну погоду або вночі), переважно перед сходом сонця.

При проведенні ІЧ-контролю повинні враховуватися наступні фактори:

- коефіцієнт випромінювання матеріалу;
- сонячна радіація;
- швидкість вітру;
- відстань до об'єкта;
- значення струмового навантаження;
- теплове відбиття і т.п.

Розглянуті властивості і особливості ІЧ-випромінювання визначають наступні методичні рекомендації при виявленні працюючих електронних засобів:

1. Тепловізійний приймач повинен приймати ІЧ-випромінювання далекої частини спектра 6 - 15 мкм.
2. Вимір необхідно проводити при відсутності прямого сонячного випромінювання, туману або дощу, при цьому суцільна хмарність не пропускає ІЧ-випромінювання сонця.
3. Необхідно враховувати коефіцієнт випромінювання поверхні обстежуваного об'єкта, а також кут між віссю тепловізійного приймача і нормаллю до випромінюючої поверхні.

## **2.7 Аналіз ефективності застосування тепловізійних систем**

Сучасні охоронні тепловізійні системи широко використовуються на всіляких об'єктах, тому існує необхідність поліпшення їхніх тактико-технічних характеристик. Зробити це можна за рахунок застосування тепловізійної апаратури і інтелектуалізації обробки відеосигналів шляхом застосування цифрових технологій. На відміну від ТВ-камер, на приладах із зарядовим зв'язком (ПЗЗ-матриць) або ТВ-камер, зчленованих з підсилювачами яскравості зображення, у тепловаченні використовується зовсім інше джерело інформації, недоступне для неозброєного ока людини. Це власне випромінювання нагрітих тіл, що не залежить від рівня освітленості і часу доби. Дане випромінювання обробляється й перетворюється у видиме зображення, а тому і випромінювання теплової енергії властиво всім без винятку тілам, то за допомогою тепловізійних приладів можна спостерігати всі тіла і предмети в спектральному діапазоні довжин хвиль 3-5 і 8-14 мкм, температура яких становить інтерес для охорони об'єктів.

Спектральний діапазон дії тепловізійної апаратури є більш сприятливим, ніж видимий і ближній ІЧ діапазони. В цьому відношенні тепловізійні прилади менш чутливі, чим і визначається їхня більша дальність дії, тому що частки туману і димки менше робочої довжини хвилі цієї апаратури.

Тепловізійні засоби спостереження за об'єктами вночі і вдень, а також у погіршених умовах видимості в порівнянні із традиційними приладами спостереження мають наступні принципові переваги:

можливість цілодобового спостереження (причому в темний час доби дальність бачення збільшується);

пасивний принцип роботи;

виявлення слідів транспортних засобів;

можливість розпізнавання малих об'єктів (людини) на фоні великих та середніх, а також контролю динаміки обстановки в зоні спостереження.

Сучасні тепловізійні прилади дозволяють виявити людину на відстані 1-5 км. Стримуючим фактором широкого впровадження тепловізійних засобів в охоронних системах є їхня висока вартість. Провідні закордонні компанії прагнуть знизити вартість за рахунок модульного принципу побудови апаратури і застосування матричних неохолоджуваних мікроболометрів. Наприклад, інтегрований комплект ES30TI компанії Pelco на базі тепловізора Flir дозволяє здійснювати відеоспостереження в далекому ІЧ-діапазоні спектра при будь-яких атмосферних умовах: туман, дощ, снігопад або ніч, при температурах від -45 до +50°C і поривах вітру до 58,1 м/с. Блок тепловізора розміщений у всепогодному корпусі зі ступенем захисту IP66, що встановлений на швидкісний поворотний пристрій.[10]

Ця тепловізійна камера використовує в якості тепловізійного приймача неохолоджувану мікроболометричну матрицю з 320×240 елементів зі спектральною чутливістю 7,5–13,5 мкм (довгохвильова область ІЧ-спектра) і температурною чутливістю 0,040°. При поглинанні тепла теплочутливими елементами матриці змінюється електрична провідність напівпровідникових переходів, що з'єднують теплочутливі елементи. Електричні потенціали обробляються процесором і на основі отриманих даних тепловізійна камера формує картину розподілу температури, що і бачить оператор системи відеоспостереження на екрані звичайного відеомонітора.

Незалежно від погодних умов тепловізійна камера дозволяє вибирати різні кольірні схеми зображення, виведеного на екран оператора: чорно-білу, кольорову або їхню комбінацію. У чорно-білому режимі найбільш теплі області в поле зору камери відображаються як білі, найбільш холодні - як чорні (або навпаки). У кольоровому режимі теплі області виділяються червоним кольором, а холодні - синім. Для зручності оператора на екран із зображенням можна вивести інформацію про кут азимута (горизонталь), куті місця (вертикаль), про режим роботи камери й інших параметрів.

Всі моделі тепловізійні камер серії ES30TI підключаються до пристроїв системи відеоспостереження так само, як і будь-які традиційні поворотні камери спостереження. Відеосигнал з камери передається на приймаючий пристрій (монітор або відеореєстратор) по коаксіальному кабелю.

Здатність виявляти об'єкти в невидимій людському оку області спектра робить тепловізійні камери оптимальним рішенням для виявлення вторгнень на охоронювану територію і дозволяє побудувати систему відеоспостереження об'єкта або його периметра повністю незалежну від погодних умов і освітленості.

## **2.8 Техніко-економічна ефективність тепловізійних систем**

Тепловізор працює в тепловому, невидимому для людського ока спектральному діапазоні, і тим самим він дозволяє розрізнити те, що недоступно приладам нічного бачення, звичайним телекамерам і телекамерам з інфрачервоним підсвічуванням.

Інфрачервоне випромінювання через спеціальну, як правило, германієву оптику потрапляє на детектор, чутливі елементи якого змінюють свої властивості, внаслідок чого змінюється електричний сигнал, що знімається з них. Далі цей сигнал обробляється блоком електроніки, і інформація про випромінювання перетвориться у вид, зрозумілий людському мозку, - видається псевдовідеозображення теплової картини, одержуваної приймачем. Ця картина може виглядати, наприклад, так, як показано на рисунку 2.9.



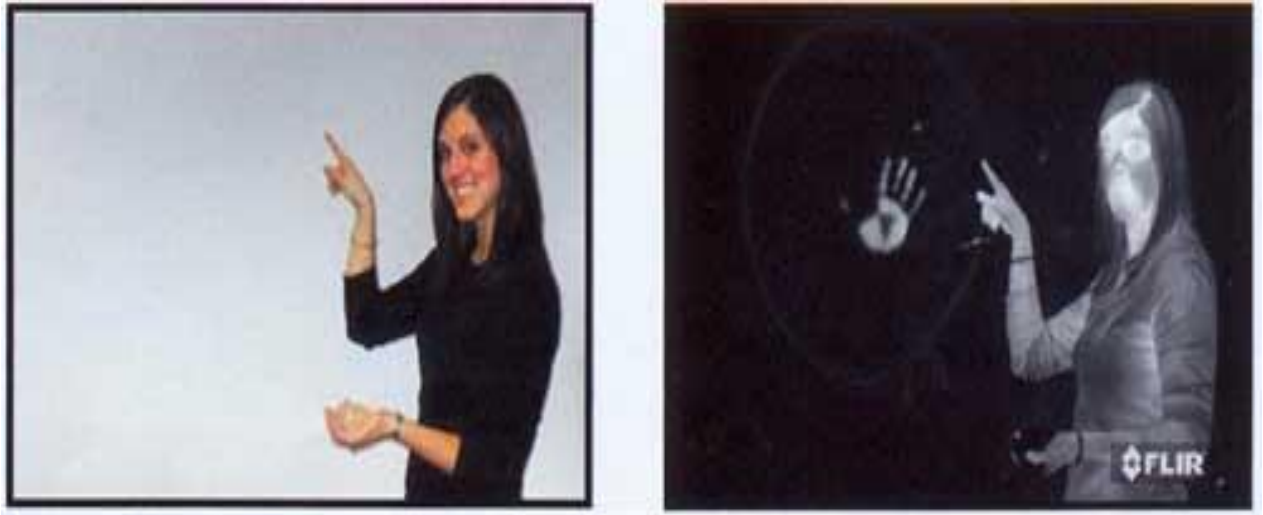


Рис. 2.9 Видиме і тепловізорне зображення

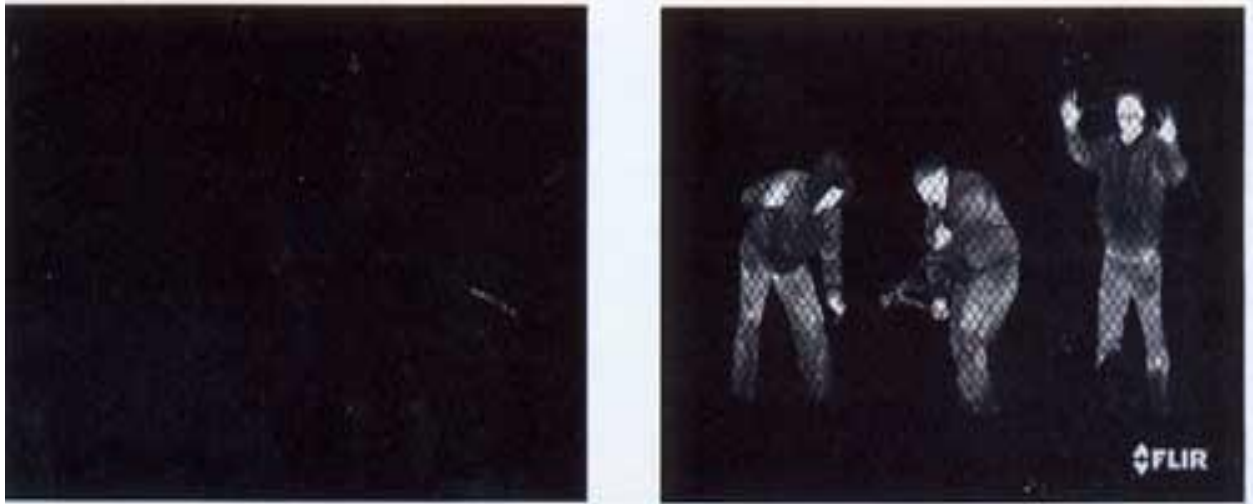


Рис. 2.10 Спостереження в абсолютній темряві: видиме і тепловізорне зображення

Відображення в монохромній або в кольоровій палітрі залежить не від детектора, а від інтерпретації електронікою зображення, одержуваного з детектора (в охоронних спостережних тепловізорах використовується чорно-біла монохромна палітра).

Охоронні тепловізори притягують до себе все більшу увагу, у тому числі, завдяки поступовому зменшенню витрат як на придбання приладу, так і на експлуатацію його протягом усього терміну служби.

На відміну від вимірювальних тепловізорів, охоронні не визначають температуру об'єктів - перед ними стоять інші завдання, які і визначають вибір даних приладів. Критерії прийняття рішень і відповідність цим критеріям існуючих неохолоджуваних ІЧ-детекторів (отже, і систем на їхній основі) представлені в таблиці. Цифрами в ній позначені вагові коефіцієнти важливості параметра для конкретного застосування (10 - максимальна важливість) і відповідність цим параметрам неохолоджуваних технологій, показано в табл.2.2.

Таблиця 2.2

Вагові коефіцієнти важливості параметрів охоронних тепловізорів

| Параметри                      | Важливість | VOx | $\alpha$ -Si | Фероелектрик |
|--------------------------------|------------|-----|--------------|--------------|
| Чутливість                     | 10         | 10  | 4            | 5            |
| Стабільність зображення        | 9          | 10  | 4            | 6            |
| Гучність зображення            | 9          | 9   | 6            | 7            |
| Частота знімання інформації    | 6          | 6   | 9            | 7            |
| Робочий температурний діапазон | 10         | 10  | 5            | 4            |

Важливість параметрів для охоронних тепловізорів можна довідатися, взявши за основу постулат, що говорить, що охоронний тепловізор повинен давати зображення порушника на можливо більших відстанях при максимальному робочому діапазоні температур, причому зображення повинне бути як можна більше чітким, щоб виключити помилкові спрацьовування охоронних систем.

### **Технічна ефективність**

Будь-якій системі відеоспостереження потрібні гарні „очі”, щоб вона працювала на повну силу.

„з гори видніше” - говориться тому (або про тих), хто більш досвідчений та знаючий у яких-небудь питаннях і т.п. Видніше тому, хто більше, краще і далі бачить, всупереч таким різноманітним проблемам, як відсутність освітлення або

занадто сильне освітлення, погана погода, складні географічні умови (ліс, водні простори й т.п.).

Якщо в системі виявиться дефектна ланка, „дірка”, то через неї і будуть відбуватися небажані дії або, гірше того, об'єкт буде знищений. Якщо створюється система, то вона повинна вирішувати завдання комплексно, інваріантно до негативних параметрів, що діють на систему як ззовні, так і зсередини.[13]



Рис. 2.11 Видиме і тепловізорне зображення при тумані

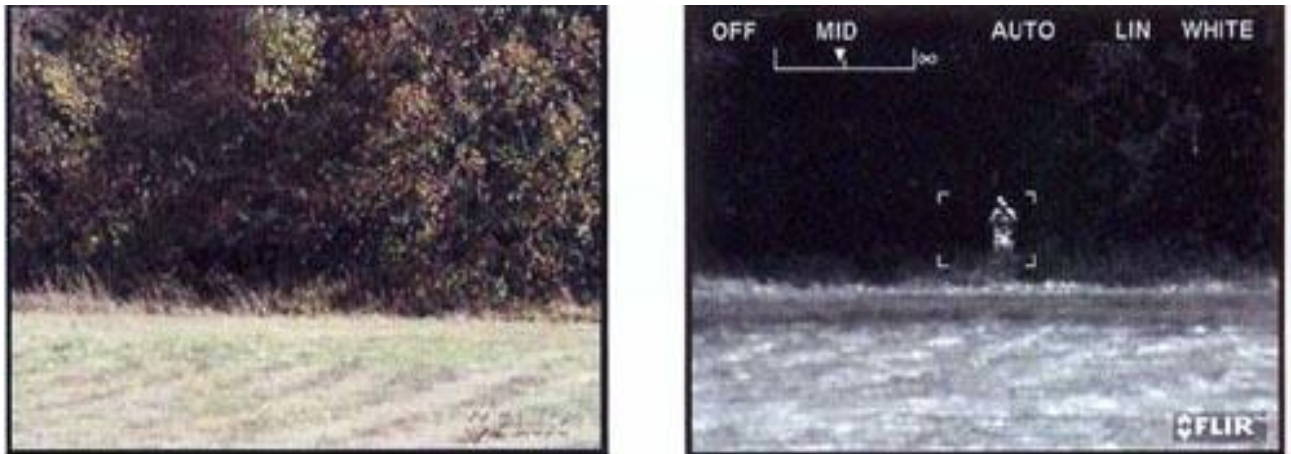


Рис. 2.12 Листя не перешкода для тепловізора



Рис. 2.13 Видиме і тепловізорне зображення при проблемному освітленні

На рисунку 2.14 ліворуч показане зображення в'їзних воріт, одержуване системою спостереження, що включає три різні відеокамери і тепловізор (правий верхній кут). Видно, що тепловізор дозволяє одержати більш чітке зображення контрольованої зони, ніж найкраща з відеокамер, однак і відеокамера гіпотетично справляється із завданням. Але ось автомобіль включає фари, і ситуація кардинально змінюється (див. рисунок 2.14 праворуч). У тепловізор чітко видно другу людину біля машини.



Рис.2.14 Зображення, отримані з відеокамер і тепловізора

Якщо проектується нова система безпеки або модернізується стара, то застосування тепловізорів може добре вписати в концепцію системи, підвищити її

ефективність і знизити кінцеву вартість. Однак при цьому необхідно дотримуватися правил, по яких тепловізор варто встановлювати:

- у місцях із проблемним освітленням (погане освітлення/освітлення заважає);
- для огляду відкритих просторів;
- для спостереження за водною поверхнею;
- у комбінації з відеокамерою на поворотному пристрої у внутрішній частині об'єкта для спостереження властиво за об'єктом або за прилягаючою територією;
- для спостереження за місцями з рослинністю;
- уздовж неосвітленого периметра.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Проектування структурної схеми відеоспостереження – дуже складне завдання. Щоб її виконати, ми повинні володіти, як мінімум, базовими знаннями всіх рівнів системи, а також її компонентів. Але ще важливіше те, що до проектування системи ми повинні чітко знати, що чекає від неї споживач.

#### 3.1 Оцінка вразливості об'єкта

Необхідно розробити систему відео спостереження, яка повинна контролювати дії людей в будівлі площею  $75 * 15 = +1125 \text{ м}^2$  і поза будівлею. План-схема підприємства представлена на рисунку 3.1. На цьому рисунку цифрами позначені наступні приміщення:

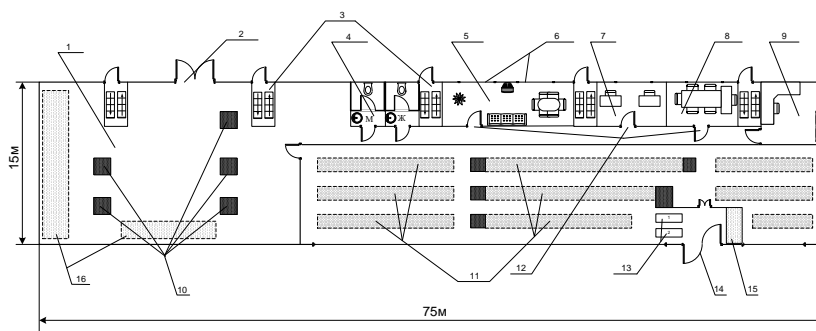


Рис. 3.1. План-схема підприємства: 1. Офісне приміщення. 2. Службовий вихід. 3. Офісне приміщення. 4. Туалет. 5. Кімната відпочинку персоналу. 6. Вікна. 7. Бухгалтерія. 8. Кабінет директора. 9. Кімната охорони. 10. Несучі конструкції будівлі. 11. Прилавки складу. 12. Двері. 13. Стелажі складу. 14. Головний вхід. 15. Стелажі. 16. Стелажі складу.

Для того щоб зрозуміти, як захищати об'єкт, що охороняється, необхідно оцінити його вразливість з точки зору теорії загроз. Це пов'язано з тим що охороняється власність приносить прибуток, і протиправні дії людей, спрямовані на заподіяння матеріальної шкоди повинні фіксуватися моментально, а не через деякий час, що, власне і веде до підвищення стабільності роботи підприємства і, в

свою чергу, полегшує роботу служби безпеки .

Спробуємо проаналізувати загрози з боку зловмисників, не розглядаючи небезпеку стихійних лих, техногенних катастроф, випадкових помилок персоналу та ін.

Правильний вибір і розташування різних типів відеокамер в виробничих і підсобних приміщеннях, на складах, на службовому вході і т.п.

Установка достатнього числа кваліфіковано підібраних кольорових відеокамер в поєднанні з демонстраційним відеомонітором в приміщенні дозволяє мінімізувати спроби крадіжки. Відеокамера, яка фіксує особи входять до торгового залу дає точну інформацію правоохоронним органам і службі охорони, що дозволяє ідентифікувати злочинця і затримати його при повторному відвідуванні цього або іншого складу.

Відеокамери, встановлені в других уразливостей зонах, а також вуличні, контролюючі підході до будівлі и автостоянку, покликані мінімізувати збиток від різних протиправних дій і сприяти розслідуванню подій. Вуличні камери, а також відеокамери, спрямовані на центральний вхід, оглядові камери в складі, в тому числі і контролюючі скупченням людей, служать і для запобігання можливим терористичним актам.[12]

Підводячи підсумок проведеного аналізу, можна відзначити, що правильно встановлена і грамотно експлуатована система відеоспостереження та відеоконтролю, вирішує завдання запобігання втрат в торгівлі шляхом зведення ризику збитків від будь-якого виду загроз до мінімуму.[7]

### **3.2 Вибір обладнання системи відеоспостереження**

IP відеоспостереження, яке часто називають в англійській аббревіатурі "Pure IP", це - цифрове відеоспостереження в чистому вигляді, коли сигнал від камер до реєстраторів і будь-яких інших пристроїв йде повністю в цифровому форматі на базі IP-протоколу (Internet Protocol (IP, досл. «міжмережевий протокол»). Варто також відзначити, що повністю аналогових систем в даний час вже не існує.

Зазвичай, коли порівнюють IP відеоспостереження з аналоговим, то мають на увазі сигнал, що йде від камер до пристрою захоплення, тому що всі інші пристрої: реєстратори, з сервера, маршрутизатори та ін. давно вже працюють в цифрових протоколах і ера стрічкових аналогових магнітофонів давно вже пройшла. Саме цей момент може істотно вплинути на якість, топологію і цілком структуру всієї системи відеоспостереження. [3]

В IP-камерах, реалізована можливість передачі дані через мережу Wi-Fi, що дозволяє встановлювати їх у важкодоступних місцях, але не забувайте, що при цьому необхідно подати живлення на камеру. Зазвичай їх встановлюють там, де неможливо прокласти кабель від IP-відеокамери до IP-відеореєстратора, але при цьому в точці монтажу відеокамери існує можливість підключити камеру до джерела живлення.

Головними перевагами систем IP-відеоспостереження від аналогових є масштабованість і розподіленість систем. Тобто можна побудувати систему з будь-якої кількості відеокамер, які можуть перебувати на різних об'єктах, і навіть в різних регіонах.

**Статична і динамічна IP-адресація.** При віддаленому підключенні до IP-відеокамер, багато ADSL / Broadband підключення можуть не мати статичний IP-адреса, а мати динамічний адресу.

Динамічний IP-адреса може помінятися провайдером послуг зв'язку (IPS) в будь-який момент. Проте компанія Hikvision надає безкоштовний DDNS (**D**ynamic **D**omain **N**ame **S**ystem), який автоматично прив'язує динамічний IP-адреса до фіксованого IP-адресою в мережі на рисунку 3.2. [9]

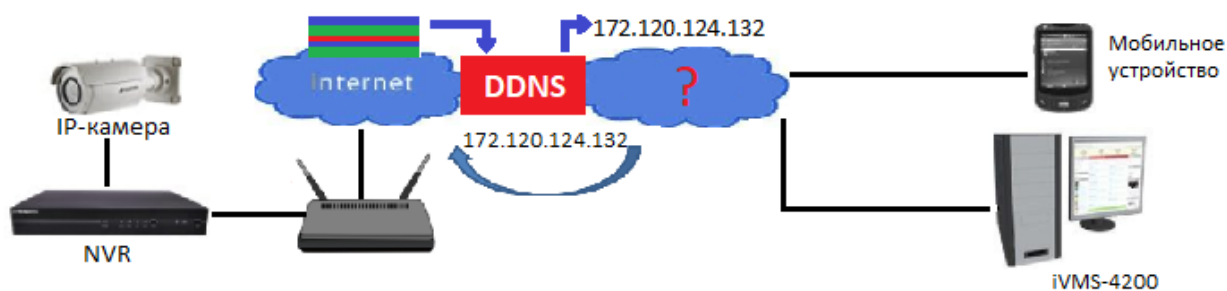


Рис. 3.2 Статична і динамічна IP-адресація



**Віддалений перегляд.** Коли ми хочемо віддалено підключитися до пристрою, ми можемо зробити це по мережі (LAN і WAN), у випадках, коли **пристрої видимі**. Перегляд в режимі реального часу (Live view), відтворення (playback), завантаження відео та конфігурація параметрів, можуть здійснюватися авторизованим користувачем за допомогою клієнтського ПЗ або web-браузера.

Віддалений перегляд за межами LAN або WAN потребують наявності **маршруту до мережі**, а потім **доступу до пристроїв** на рисунку 3.3. [6]

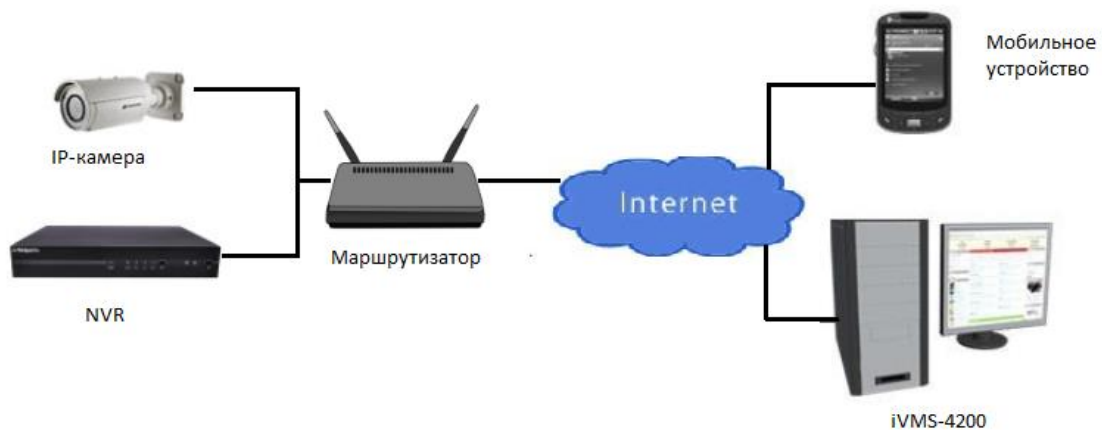


Рис. 3.3 Схема віддаленого перегляду

Варіанти вибору камер безліч і кожен форм-фактор підходить для своїх певних умов представлено на рисунку 3.4.

1-кубическая камера



3-копусная камера



4-купольная камера



5- Панорамна камера



Рис. 3.4 Форм-фактор IP камер

**Розширення камер** - одним з основних параметрів відеокамери -розширення зображення. Дозвіл зображення залежить від кількості пікселів на матриці камери.

**Матриця або світлочутлива матриця** - спеціалізована аналогова або цифро-аналогова інтегральна мікросхема, що складається з світлочутливих елементів - фотодіодів.

Призначена для перетворення на неї оптичного зображення в аналоговий електричний сигнал або в потік цифрових даних (при наявності АЦП безпосередньо в складі матриці).

Є основним елементом цифрових фотоапаратів, сучасних відео- та телевізійних камер, фотокамер, вбудованих в мобільний телефон, камер систем відеоспостереження та багатьох інших пристроїв.[16]

Застосовується в оптичних детекторах переміщення комп'ютерних мишей, сканерах штрих-кодів, планшетних і проєкційних сканерах, системах астро- і сонячної навігації.

**Розмір матриці** - розмір перетворювача матриці наведено в дюймах. Більшість відеокамер використовують чутливі елементи з діагоналлю матриці 1/3 "і 1/4", але, так само зустрічаються розміри 1 ", 2/3", 1/2 ", і 1/6". Розмір сенсора є дуже важливим технічним параметром.

Розширення камери -важливий параметр, який визначається, як здатність розрізняти камерою генеруються зображення дрібних деталей.

На сьогоднішній день камери спостереження з розширенням менше 1 Мегапікселя (1280x720 пікселів) практично не використовуються. Та й відеокамери в 1МП не користуються особливою популярністю, хоча їх застосування для спостережуваних сцен невеликого розміру може бути цілком виправдано з технічної точки зору. [10]

Розширенням цифрової відеокамери спостереження в 2 мегапікселя вважається стандартним для вирішення найбільш загальних завдань охоронного відеомоніторингу. Такий дозвіл можуть забезпечити як IP-камери, так і камери високої чіткості HD, зазвичай воно складає 1920x1080 пікселів.

Розширенням в 3 мегапікселі (2048x1536 пікселів) і 4 мегапікселя (2560x1440 або 2048x2048), на сьогоднішній день здатні забезпечувати не тільки мережеві відеокамери, а й аналогові HD камер активно працюють над збільшенням роздільної здатності свого обладнання до 5Мп.[1]

Такі пристрої призначені для вирішення наступних завдань:

- огляд великих територій;
- деталізація дрібних об'єктів в зоні спостереження за допомогою цифрового збільшення зображення, що дозволяє ідентифікувати людей, номери машин і т.п .;
- віддалений доступ до відеоданих в реальному часі або до архіву відеозаписів.
- це забезпечує ефективність використання 3-мегапіксельних IP-камер спостереження в системах безпеки великих об'єктів: автомобільних стоянок і банківських установ, виробничих цехів і стадіонів, міських площ і стратегічних об'єктів і т.п

Розширенням 5 мегапікселів (2560x1920 пікселів) і більш (6Мп (3072x2048), 8 Мп (3840x2160 або 4096x2160 - 4К), 12Мп (4000x3000)) на сьогоднішній день здатні забезпечувати тільки мережеві відеокамери.

Камери з таким розширенням будуть переважно затребувані на об'єктах, для яких критичний якісний постаналіз записаного відео для розслідування подій. Це будь-які місця масового скупчення людей, міське середовище, транспортні об'єкти (метро), парковки, стадіони, великі торгові і розважальні центри і т.д. Хоча не виключено застосування 4К-відеоспостереження і в інших випадках, але так чи інакше потрібно прораховувати остаточну вартість комплексного рішення з безпеки - з устаткуванням, що підтримує технологію 4К. [4]

### **NVR Відеореєстратори**

Відеореєстратор - це пристрій цифрової обробки і запису відео і аудіо сигналів, що надходять з відеокамер. Він призначений для запису, зберігання та відтворення зображень, що надходять від камер або від мультиплектора системи відеоспостереження.

Виділяють кілька видів реєстраторів. Так, NVR - це відеореєстратор, який працює тільки по мережі, тобто взаємодіє виключно з IP-відеокамерами.

Реєстратор HDVR - це гібридний відеореєстратор, який може працювати і з IP-відеокамерами, і з аналоговими пристроями. Також відеореєстратори класифікують по тому, на основі чого вони працюють. Взаємодіють з ПК пристрої називають PC-based DVR, а ті, що працюють без комп'ютера - stand alone DVR. Існує ще один тип відеореєстраторів, які працюють в автомобілях і представляють портативний пристрій. Їх називають Car DVR. [11]

За серії відеореєстраторів визначається розмір, форм-фактор і основні характеристики реєстраторів приведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1.

Варіанти відеореєстраторів визначаються за серіями.

|          |   |
|----------|---|
| 96 серія | Високопродуктивні реєстратори з підтримкою гарячої заміни дисків і RAID-масивів |
| 77 серія | Plug & Play IP-відеореєстратор з підтримкою камер до 12 Мп і 4х жорстких дисків |
| 76 серія | Plug & Play IP-відеореєстратор з підтримкою камер до 12 Мп і 2х жорстких дисків |
| 71 серія | Компактні відеореєстратори з підтримкою камер до 2 Мп і 1х жорсткого диска      |

За кількістю каналів реєстратори бувають 1-ми, 4х, 8-ми, 16-ти, 32-х, 64-х і 128-ми каналні. [12]

Крім кількості каналів треба звертати увагу на показник вхідного потоку для реєстратора. Якщо 16-ти каналний відеореєстратор підтримує вхідний потік 80Мб / сек - то при використанні 4МП камер з потоком в 7 Мб - будуть нормально працювати тільки 11 камер ( $11 * 7 = 77$ ).

Всі IP камери до відеореєстратора підключаються по локальній мережі, тому необхідно також враховувати пропускну здатність комутаторів.

Для зберігання відео архіву в відеореєстратори монтуються жорсткі диски. У кожному реєстраторі може бути встановлено певної кількості дисків і не більше. Також є обмеження підтримуваного обсягу дисків (зараз підтримуються диски 4 або 6 Тб). Реєстратори 96 серії можуть об'єднувати диски в RAID масив.

Важливим параметром реєстраторів є роздільність запису і швидкість запису. Як правило для NVR реєстраторів швидкість запису і дозвіл запису відповідає цим параметрам самої камери. Реєстратори можуть записують відеоархів, відео + аудіо архів, зображення (картинки) і статистичну інформацію для смарт подій.

Важливим параметром архіву є параметр розкладу записи. Основні параметри розкладу:

- Ручний – запис проводиться по сигналу оператора. Оператор також і зупиняє запис. Даний режим завжди активний у режимі перегляду і може бути виключений тільки через права облікових записів.

- Безперервний – запис проводиться постійно.

- Детектор руху – запис проводиться при виявленні руху в поле зору камери. Детекцію руху визначає сама камера. Для даного режиму існують параметри: предзапис (час, який має бути записаний в архів до виявлення руху), послезапис (час, який має бути записаний в архів після руху).

- Тривожний вхід – запис виробляється при подачі зовнішнього сигналу на тривожний вхід реєстратора або відеокамери. Як джерело зовнішнього сигналу може виступати датчик руху, тривожна кнопка або інший пристрій (в тому числі інша відеокамера з тривожним виходом).

- По події – запис проводиться при виникненні будь-якої події: перетин лінії, потрапляння в область, будь-якого смарт події, розпізнавання автомобільного номера та ін.

### **Додаткові характеристики NVR**

- **Формат відео стиснення** – параметр ідентичний параметру відеокамери. Для правильної роботи відеокамери з відеореєстратором необхідно щоб обидва пристрої підтримували однакові алгоритми відео стиснення.

- **Розширення запису** – параметр відеореєстратора, який визначає які відеокамери підтримує відеореєстратор. Приклад: відеореєстратор з підтримкою камер до 2Мп не відобразить;

- камери 3 і більше Мп. Для роботи відеокамер 3 і більше Мп з таким відеореєстратором необхідно на камері встановити розширення не більше 2 Мп.

- **Підтримка камер сторонніх виробників** – більшість виробників дозволяють підключати до своїх реєстраторам тільки свої камери. Підтримка камер сторонніх виробників дозволяє підключати камери інших брендів по протоколу Onvif.

• Галузевий стандарт ONVIF визначає протоколи взаємодії таких пристроїв як IP-камери, кодери, відеореєстратори, системи управління відео, мережеві відеодисплей і системи контролю доступу. Стандарт визначає наступні аспекти взаємодії передавальних пристроїв (IP-камери, IP-відеосервера) з приймаючими пристроями (системами управління відео / VMS, відеореєстратори / DVR):

- настройка потокової передачі відеоданих і метаданих відеоаналітики;
- передача і та обробка подій;
- настройка відеозапису і пошук в архіві;
- конфігурація мережевого інтерфейсу;
- виявлення пристроїв;
- управління профілями пристрої;
- управління поворотним механізмом (PTZ);
- відеоаналітика (відеоаналіз);
- безпеку (управління доступом, шифрування).

#### **Переваги інтеграції через інтерфейс ONVIF:**

• Інтерфейси ONVIF є відкритими для інтеграції обладнання різних виробників. Після інтеграції одного пристрою ONVIF інтегрувати наступні пристрої буде значно простіше.

• Застосування ONVIF мінімізує ризик порушення авторських прав третіх осіб, в тому числі патентів і захищених програмних інтерфейсів. Наприклад, пропріетарний інтерфейс VAPIX

• компанії Axis можна використовувати строго відповідно до ліцензійної угоди Axis разом з продуктами цієї компанії.

• у системах відеоспостереження, побудованих на відкритих інтерфейсах, модернізувати окремі компоненти істотно простіше (мережеві камери, відеоаналітика, відеореєстратори, дисплеї, зчитувачі СКУД), ніж в системах, побудованих на закритих (пропріетарних) інтерфейсах. Це може бути конкурентною перевагою Вашого продукту.

- Підтримка інтерфейсів ONVIF істотно розширює список обладнання, сумісного з Вашим продуктом, і розширює ринок його потенційного застосування.

- **Потік (битрейт) - швидкість отримання / передачі даних в мережі.** Для відеореєстраторів поділяють потоки на вхідний (передача даних від камер до реєстратора) і вихідний (передача даних з реєстратора клієнтам-архів / живе відео). Необхідний для прорахунку пропускну здатності мережі та правильного підбору відеокамер підключаються до відеореєстратора.

- **Мережевий інтерфейс** - кількість портів RJ-45 в відеореєстраторові і його характеристики.

- **USB інтерфейси** - тип і кількість роз'ємів USB для підключення Plug & Play пристроїв (клавіатур, маніпуляторів миша, зовнішніх накопичувачів, модемів та ін.)

- **Відеовиходи** - інтерфейси, за допомогою яких підключаються монітори. Формати відеовиходів: VGA, DVI, HDMI. Для більшості реєстраторів максимальний дозвіл 1920x1080, для реєстраторів з підтримкою 4K - 4096 × 3112. відеореєстратор може мати кілька відеовиходом. Відеовиходи можуть працювати синхронно або не залежно - залежить від моделі відеореєстратора і його налаштувань.

- **Аудіовходи** - додаткові входи для підключення зовнішніх джерел звуку або мікрофонів.

- **Тривожні входи / виходи** - Входи / виходи для підключення зовнішніх пристроїв - датчиків, систем охоронної сигналізації, сирен тощо.

- **PoE свіч** - опція деяких реєстраторів, що дозволяє підключати всі камери безпосередньо до відеореєстратора без використання додаткових комутаторів PoE.

- **Шасі** - форм-фактор корпусу відеореєстратора, що дозволяє встановлювати його в стандартну стійку СКС 19 ".

- **Вага, розмір** - стандартні параметри, що визначають форм фактор і вага відеореєстраторів. [14]



План-схема підприємства з обладнанням системи відеоспостереження представлений на рисунку 3.5 і 3.6.

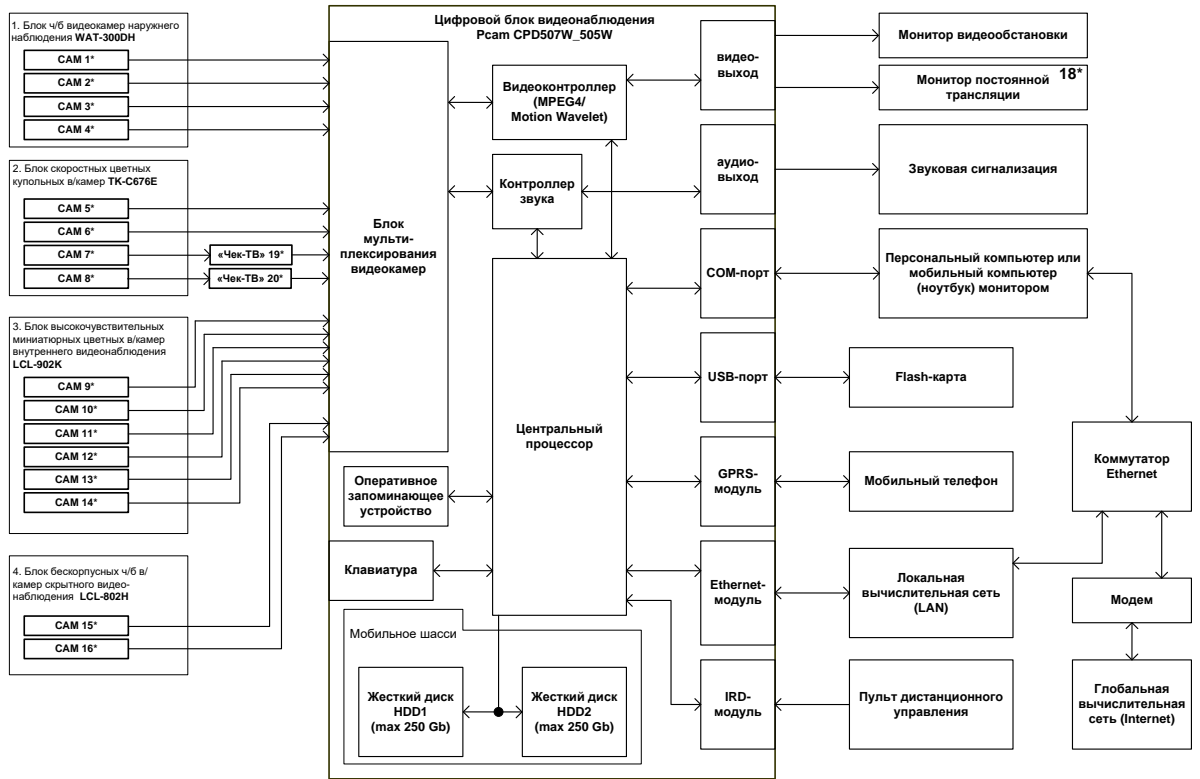


Рис. 3.5 Функціональна схема системи відеоспостереження підприємства

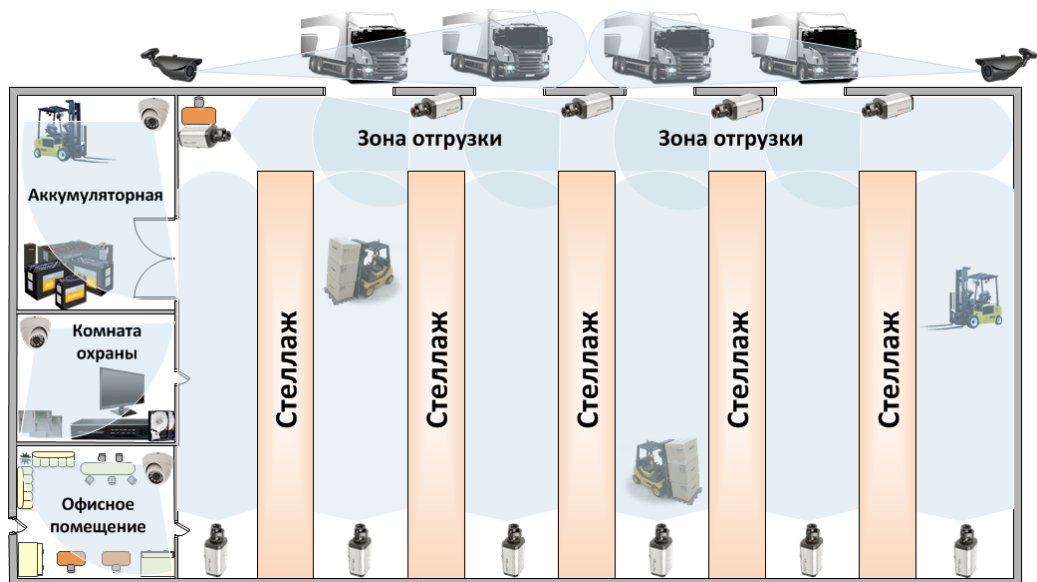


Рис. 3.6 План-схема підприємства з обладнанням системи відеоспостереження

Тепловізійні камери фіксують зображення у видимій частині спектру шляхом визначення різниці температури об'єкта і навколишнього середовища. Чим вище температура об'єкта тим інтенсивніше буде випромінювання. Чим більше різниця температур різних об'єктів, тим яскравіше і контрастніше будуть зображення (рисунок 3.7).



Рис. 3.7 Зображення з тепловізійної камери відеоспостереження

IP камера - це камера відеоспостереження, з вбудованим процесором для обробки відеозображення, кодування, детекції руху і різними функціями роблять з камери готовий продукт. IP камера є закінченою системою відеоспостереження так як камера може вести запис на карту. У разі її відсутності багато камер можна налаштувати на відправку тривожного відео і фото на пошту.

Аналогові камери відеоспостереження старі, надійні, а головне доступні за ціною системи. Така камера ідеально підійде, коли немає можливості або бажання витратити багато грошей. Або якщо камера купується на короткий термін. Простота конструкції дозволяє встановити камеру самостійно. При цьому не потрібно тривалої і складної настройки апаратури. Однак цифрове відеоспостереження поступово витісняє аналогове.[13]

## **4. ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОХОРОНІ І ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ**

### **4.1 Тепловізійні камери для забезпечення безпеки**

Тепловізор - це інфрачервона камера, здатна визначати найменшу різницю температур. Ця різниця температур може бути перетворена у відеозображення в реальному масштабі часу. Це відеозображення, відображуване на моніторі, чудово підходить для ведення спостереження в нічний час. На відміну від систем нічного бачення, яким для створення зображення необхідний певний рівень висвітлення, тепловізор зовсім не вимагає висвітлення. Тепловізор - це чудовий інструмент для ведення спостереження в абсолютній темряві, навіть у саму темну ніч.

Тепловізійні камери доповнюють систему відеоспостереження, дозволяючи виявляти погрози, невидимі неозброєним оком, навіть в умовах поганої видимості.

Тепловізійні камери одержують зображення від теплової енергії, сконцентрованої навколо тіл, а не від відбиваного світла, що дозволяє створювати зображення 24 години на добу 7 днів у тиждень навіть при повній відсутності світла або освітлювальних приладів. Теплова енергія краще проходить через атмосферні перешкоди в порівнянні зі світлом. Завдяки цьому ви зможете побачити об'єкти, сховані в димку, пилу, димі й навіть легкому тумані.

Тепловізійні камери, наприклад компанії FLIR, можна експлуатувати вдень і вночі, у гарну або погану погоду, для зйомок із близької й далекої відстані.

Розглянемо серії тепловізійних приладів компанії FLIR та їх використання для забезпечення охорони та безпеки об'єктів.

УсеріюH входять портативні ударостійкі тепловізори. Вони формують чітке зображення в нічний час. Завдяки тепловізорам серії H фахівці із забезпечення безпеки й співробітників служб охорони правопорядку можуть розгледіти порушника а навіть у повній темряві, крізь дим і листя.



Рис. 4.1 Тепловізор фірми FLIR H-серії



Рис. 4.2 Прилад VSR-6 для отримання термальних образів

Пристрій VSR-6 являє собою прилад для створення термальних зображень за привабливою ціною. Воно забезпечує яскравість і чистоту термальних зображень у повній темряві, а також в умовах туману або димки. У ньому застосовується та ж технологія створення термальних зображень, що й у найбільш складних системах забезпечення безпеки й моніторингу компанії FLIR, але воно спеціально призначене для використання на близьких відстанях. В основу пристрою покладені вдосконалені технології обробки зображень компанії FLIR, що забезпечують бездоганну контрастність поза залежністю від руху об'єкта. На відміну від інших систем нічного бачення, яким для створення зображення потрібно хоча б мінімальне висвітлення, система VSR-6 абсолютно не має потреби у світлі.[12]



Рис. 4.3 Тепловізор фірми FLIR D-серії

D-series має зовнішнє виконання купола і забезпечує контроль з допомогою висячого положення купола, створюючи повністю програмуємі растри, радарну картину, та функціонує в режимі тривоги. Повністю підходить для контролю над діями людей, камера в D-series має роздільну здатність 320x240 і тепловий датчик в режимі день/ніч, повертається на 36° камера приладу з зарядовим зв'язком. FLIR D-series тепловізійні купольні камери сенсорної безпеки - абсолютна заміна камер для денного режиму денно-нічними, що забезпечують 24/7 безпеку.



Рис. 4.4 Тепловізор фірми FLIR D-серії зовнішній

F-series – тепловізійні камери безпеки дозволяють бачити зловмисників та інші загрози у повній темряві та в погану погоду. Теплові зображення камери F-series доступні в таких варіантах: 160x120, 320x240, або high-resolution – 640x480, забезпечують збільшення до 16x раз, коли видимість об'єкта на зображенні не дуже чітка та можливість тривалий час вести спостереження за об'єктом загрози. Камери з більш меншою роздільною здатністю поступаються даній моделі.



Рис. 4.5 Тепловізор фірми FLIR F-серії



Рис. 4.6 Тепловізор фірми FLIR PT-серії



Рис. 4.7 Тепловізор фірми FLIR SR-серії

Пристрої PTZ-35 MS і PTZ-50 MS являють собою високочутливі довгохвильові прилади для створення термальних зображень, скомбіновані з камерою далекої дії для зйомки в умовах денної й малої освітленості. Обидві камери поміщені в компактний герметичний корпус із функцією нахилу/повороту. Прилади PTZ-35 MS і PTZ-50 MS забезпечують яскравість і чистоту термальних зображень у повній темряві, а також в умовах туману або димки. У них застосовується та ж технологія створення термальних зображень, що й у найбільш складних системах забезпечення безпеки й моніторингу компанії FLIR. До них ставляться вдосконалені технології FLIR по обробці зображень, що забезпечують бездоганну контрастність поза залежністю від руху об'єкта. На відміну від інших систем нічного бачення, яким для створення зображення потрібно хоча б мінімальне висвітлення, ці системи абсолютно не мають потреби у світлі.

Тепловізор - це інфрачервона камера, здатна визначати найменшу різницю температур. Ця різниця температур може бути перетворена у відеозображення в реальному масштабі часу. Це відеозображення, відображуване на моніторі, відмінно підходить для ведення спостереження в нічний час. На відміну від систем нічного бачення, яким для створення зображення необхідний певний рівень висвітлення, тепловізор зовсім не вимагає висвітлення. Тепловізор - це чудовий

інструмент для ведення спостереження в абсолютній темряві, навіть у саму темну ніч.



Рис. 4.8 Прилад PTZ-50 MS для отримання термальних образів



Рис. 4.9 Прилад PTZ-35x140 MS для отримання термальних образів

Датчики FLIR мають потужні і ефективні можливості управління для будь-якої установки безпеки з тепловізійними камерами систем FLIR. Датчики FLIR дозволяють автоматично розміщувати теплові зображення з камер систем FLIR і їх легко контролювати в мережі і легко керувати ними.

## **4.2 Устрій тепловізійних приладів та порядок роботи з ними**

Розглянемо устрій типових тепловізійних приладів на прикладі тепловізора Н-серії, призначення його складових, та порядок роботи з ним.





Рис. 4.10 Устрій тепловізора Н-серії

Назва, призначення складових типового тепловізора Н-серії, а також порядок роботи з приладом відображено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Устрій тепловізора Н-серії та порядок роботи з ним

| Назва складової приладу | Призначення та порядок роботи  |
|-------------------------|--|
| Кнопка POWER (Живлення) | Ініціалізація приладу займає приблизно 60 секунд. Після включення прилад можна перевести в режим очікування швидким одиночним натисканням кнопки Power (Живлення). Ресурс заряду акумулятора в режимі очікування становить більше 10 днів. Після повторного натискання кнопки приблизно через 2 секунди камера переводиться в робочий режим. Якщо тепловізор серії Н перебуває в робочому режимі, і протягом 3 хвилин користувач не натискає ніяких кнопок, то прилад автоматично переходить у режим очікування для збереження заряду акумулятора. |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Кнопка RECORD<br>(Запис)             | Застосовується тільки для версії Pro. При швидкому одиночному натисканні кнопки RECORD (Запис) знімок записується на карту пам'яті SD. При зйомці зображення залишається на екрані приблизно протягом 1 секунди. При натисканні й утриманні кнопки RECORD (Запис) довше 2 секунд починається відеозапис і триває, поки оператор не відпустить кнопку. Під час відеозапису у видошукачі відображається піктограма запису. |
| Кнопка ZOOM<br>(Збільшення)          | Натисніть кнопку ZOOM (Збільшення), і прилад перейде в режим 2-кратні збільшення. При повторному натисканні система повернеться в нормальний режим зображення. У режимі збільшення у видошукачі відображається піктограма збільшення.  |
| Кнопка Black hot /<br>White hot      | При натисканні кнопки Black Hot /White Hot перемикаються режими спалаху Black Hot (червоний) і White Hot (білий).  |
| Кнопка<br>BRIGHTNESS<br>(Яскравість) | При послідовному натисканні кнопки BRIGHTNESS (Яскравість) рівень яскравості дисплея підвищується. Усього є 5 рівнів яскравості дисплея. По досягненні максимального рівня яскравості наступні послідовні натискання кнопки зменшують рівень яскравості. Завдяки регульованій яскравості дисплея, користувач зберігає можливість функції нічного бачення.  |
| оптичний окуляр,<br>Що Закривається  | Запобігає проникненню світла з видошукач. При цьому оператор залишається зовсім непомітним.  |
| Міцна конструкція                    | Прилад призначений для використання при будь-яких погодних умовах.   |
| Великий вибір<br>об'єктивів          | Відповідно до Ваших завдань можна вибрати модель HS-324 із зоною огляду 24_ або HS-307 із зоною огляду 7_.   |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ремінець для руки         | Тепловізори серії H постачені двома ремінцями із правої й лівої сторони для зручності використання як лівої, так і правою рукою.                     |
| Слот для карти пам'яті SD | Тепловізор версії Pro надає можливість збереження на зйомній карті пам'яті SD зображень і відеозаписів, які пізніше можна використовувати як докази. |
| Порт USB2.0               | За допомогою даного порту можна швидко передавати зображення з тепловізора на персональний комп'ютер.  |
| Відсік для акумуляторів   | Уміщає 4 акумуляторні батареї типу AA.   |

Тепер розглянемо прилад для отримання термальних образів VSR-6 та порядок роботи з ім.

Пристрій VSR-6 являє собою прилад для створення термальних зображень за привабливою ціною. Воно забезпечує яскравість і чистоту термальних зображень у повній темряві, а також в умовах туману або димки. У ньому застосовується та ж технологія створення термальних зображень, що й у найбільш складних системах забезпечення безпеки й моніторингу компанії FLIR, але воно спеціально призначене для використання на близьких відстанях. В основу пристрою покладені вдосконалені технології обробки зображень компанії FLIR, що забезпечують бездоганну контрастність поза залежністю від руху об'єкта. На відміну від інших систем нічного бачення, яким для створення зображення потрібно хоча б мінімальне висвітлення, система VSR-6 абсолютно не має потреби у світлі.

VSR-6 забезпечує чіткі ІЧ-зображення 160x120 пікселів. Передове внутрішнє програмне забезпечення камери формує чітке зображення без потреби в коректировках користувача. Це забезпечує хороше відображення теплової картини високої якості в будь-яких умовах, як в нічних так і денних погодних умовах. VSR-6 – одна з найкращих серед представників свого класу тепловізійна камера для користувачів, котрі мають невисокі вимоги до характеристик і хочуть помітити

значно більше, ніж здається можливим або для будь-якої іншої конкретної цілі по виявленню об'єктів.[16]

VSR-6 обладнана 6.3 мм. широкою кутовою лінзою. Це забезпечує надзвичайно широку область огляду (52°), таким чином, можливо побачити значно більшу область і тим краще можливо тримати ситуацію під контролем.

VSR-6 проектується для використання в несприятливих навколишніх умовах, виконаний в спеціально захищеному корпусі, і відповідає вимогам Mil-Std-810E і IP66, захищений від вологи і води. Допустимий температурний поріг для використання приладу від -32°C до +55°C. VSR-6 має вбудований нагрівач. Це є гарантією того, що якісні та чіткі ІЧ-зображення зможуть правильно відобразитись на моніторі навіть в дуже сильний мороз або дуже сильну спеку, тобто в будь-яких умовах.

Невелика вага VSR-6 дає змогу встановити його в будь-якому положенні. Так можна встановитись в оптимальному пункті для спостереження, забезпечуючи максимальну область огляду.

VSR-6 зручний для установки та застосування, зрозумілий для звичайного користувача(оператора) і не потребує вивчення оператором. Він може бути легко інтегрований в будь-якій існуючій інфраструктурі, забезпечує вчасне виявлення та роботу 24/7 цілий рік. Зображення здатністю 160x120 пікселів можуть бути показані фактично на будь-якому існуючому приладі відтворення зображення.

Зупинимося також на тепловізійних купольних приладах серії D, та розглянемо порядок його використання в охоронних цілях.

Тепловізійні купольні камери серії D призначені для охорони й забезпечення безпеки усередині приміщень.

Серія D - це доступні за ціною тепловізійні купольні пристрої формування зображень. Вони обладнані вбудованою тепловізійною камерою, що забезпечує ясні, чіткі зображення в повній темряві. Тепловізійна камера також може вести спостереження крізь дим. У камерах серії D застосовується та ж тепловізійна технологія формування зображення, що й у багатьох найбільш складних системах компанії FLIR, однак вона призначена спеціально для користувачів, основним

завданням яких є забезпечення охорони і безпеки всередині приміщень. На відміну від інших технологій, теплове формування зображень не вимагає ніякого висвітлення для одержання зображень, на яких видні дрібні деталі.

Гранично доступна за ціною система. Завдяки зростаючому попиту на тепловізійні камери компанія FLIR Systems має можливість поставляти камери серії D по гранично доступній ціні.

Наявні моделі систем. Камера D-6 оснащена ширококутним об'єктивом 6,3 мм. Він забезпечує широкий огляд ( $52^\circ$ ), що дозволяє вести спостереження за великою територією. Камера D-6 створює чіткі зображення дозволом 160 x 120 пікселів. Користувачі, яким необхідна більша дальність, можуть вибрати модель D-19. Вона оснащена ширококутним об'єктивом 19 мм, що забезпечує більшу дальність дії. Крім того, вона створює вкрай чіткі зображення дозволом 320 x 240 пікселів, на яких видні самі дрібні деталі.

Поворотна платформа. Камери серії D можуть безупинно повертатися на  $360^\circ$  по горизонталі й нахилитися під кутом від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , дозволяючи операторові дивитися в потрібному напрямку. Можна попередньо встановити до 32 позицій камери, і при одному натисканні кнопки вона буде повертатися в потрібну сторону. Камери серії D дозволяють користувачеві записувати певну траєкторію руху, для визначення якої може використовуватися до 200 команд. Також у системі передбачена можливість повторного відтворення траєкторії руху. Можлива установка траєкторії сканування між двома заданими користувачем крапками.

Невелика вага. Камери серії D дуже легенькі, завдяки чому їх можна встановлювати в будь-якому місці.

Різні варіанти установки. Камери серії D дозволяють здійснювати їхній монтаж на стелі або підвісний монтаж. У комплект кожної камери входить кронштейн для монтажу на стелі, тому користувач може сам вибрати кращий варіант установки.

Простота встановлення / Зручність використання. Камери серії D надзвичайно зручні у використанні й не вимагають спеціального навчання оператора. Їх можна легко інтегрувати в будь-яку існуючу систему

відеоспостереження. Тепловізійне зображення можна переглядати на будь-якому дисплеї з композитним відображенням.

Широка область застосування. Коли з якої-небудь причини гасне світло, або починається загоряння і з'являється дим, звичайні камери відеоспостереження стають марними. Тепловізійні камери можуть вести спостереження крізь дим, у повній темряві. Вони ідеально підходять для пошуку людей або об'єктів у задимленому приміщенні. Також, коли вимикається світло, тепловізійна камера продовжує передавати чітке зображення, і ви можете бачити все, що відбувається. Крім того, установка тепловізійних камер у приміщеннях допомагає заощаджувати електроенергію. Для охорони закритих складів і інших об'єктів за допомогою систем відеоспостереження вони повинні бути добре освітлені. Установка тепловізійних камер, таких як камери серії D компанії FLIR Systems, усуває необхідність установки й організації електроживлення ламп або інших освітлювальних приладів.

Тепловізійні прилади серії D також використовуються для спостережень ззовні приміщень.

Розглянемо принцип їх дії ззовні приміщень, що підлягають охороні.

Купольні корпуси D-серії для зовнішнього розміщення забезпечують прецизійне керування кутами повороту й нахилу камери, сканування простору по заданій програмі, а також спільну роботу з радіолокатором, коли камера виконує «поворот по команді» і «поворот по тривозі». Повністю готові до роботи й керування в IP і послідовних мережах системи D-Серії містять тепловізор з дозволом 320 x 240 і кольорову ПЗЗ-камеру для денного й нічного застосування з 36-кратним трансфокатором. Тепловізійні багатосенсорні купольні камери FLIR D-серії є ідеальною альтернативою купольним ТВ камерам для дня й ночі. Камери FLIR D-Серії виконані в зручних куполоподібних корпусах і забезпечують можливість одержання чіткого зображення 24 години на добу 7 днів у тиждень.

Чіткі тепловізійні зображення. Всі версії камер для зовнішньої установки оснащені неохолоджуваним мікроболометром на окисі ванадію, що створює чіткі зображення з дозволом 320 x 240 пікселів.

Прецизійний похило-поворотний механізм. Всі тепловізійні камери D-серії поставляються із прецизійним похило-поворотним механізмом. Він дозволяє користувачеві безупинно повертати камеру на  $360^\circ$  і міняти її кут нахилу від  $+45^\circ$  до  $-180^\circ$ . Це радикальним образом розширює сприйняття навколишнього оточення. Похило-поворотний пристрій має 128 заздалегідь заданих положень. Воно ідеально підходить для безперервного сканування території.

Камера денного світла. Всі версії оснащуються евтектичною камерою, що працює в умовах денного світла й при малій освітленості. Камера денного світла може забезпечити 36-кратне оптичне збільшення.

Виділення деталей цифровими методами. Камери серії D створюють зображення з високим контрастом, перукаркам з метою одержання максимальної ефективності роботи програмного забезпечення аналізу відеоінформації. Цифрове виділення деталей забезпечує чітке, досить контрастне цифрове зображення при всіх погодних умовах.

Відмінна дальність виявлення. Камери D-313, оснащені 35-міліметровим об'єктивом, призначені для систем безпеки й спостереження середньої дальності. Модель D-313 має поле зору  $13^\circ$ . За допомогою камери D-313 ви зможете виявляти мети в ріст людини на відстані більше 780 метрів.

Простота використання. Всі камери серії D, обладнані «атермічними об'єктивами», здатними зберігати фокусування при будь-якій температурі навколишнього середовища. Ніяке користувальницьке регулювання не потрібно.

Розраховані на використання в несприятливих умовах навколишнього середовища. Камери серії PT являють собою надзвичайно надійні системи. Їх життєво важливі елементи добре захищені від проникнення пилу й вологи у відповідності зі ступенем захисту встаткування IP66.[14]

IP-Керування. Камери D-серії можна інтегрувати в будь-яку існуючу мережу TCP/IP і управляти ними з персонального комп'ютера. Для цього не потрібні додаткові кабелі. Використовуючи таку конфігурацію, можна відслідковувати всі операції по мережі, навіть якщо Ви перебуваєте за тисячі кілометрів від місця подій.

Послідовний інтерфейс керування. Просто підключіть камеру D-серії через рознімання RS-232, RS-422 або RS-485 до панелі дистанційного керування. Для загальних функцій використовуються команди Pelco D або Bosch. Відеокабель може бути підключений до будь-якого наявного багатофункціонального дисплея, що підтримує повний відеосигнал.

Потокове відео. Численні канали потокового цифрового відео доступні у форматах H.264, MPEG-4 або M-JPEG. Можлива одночасна подача на вихід цифрового й повного відеосигналу.

Програма FLIR Sensors Manager. Кожна камера D-серії поставляється з копією програми FLIR Sensors Manager для одного сенсора. Ця інтуїтивно зрозуміла програма дозволяє користувачам стежити за камерами D-серії й управляти ними через мережу TCP/IP.

Купольні системи для розміщення усередині приміщення. Компанія FLIR Systems пропонує також купольні системи для розміщення усередині приміщень. Коли усередині приміщення світло гасне або починається пожежа, необхідно бачити, що відбувається. Тепловізійні камери можуть бачити в повній темряві й крізь дим.

Вибір систем. Модель D-6 оснащена ширококутним об'єктивом з фокусною відстанню 6,3 мм. Це дозволяє забезпечити надзвичайно широкий кут огляду (52°), що охоплює більшу територію. Камера D-6 створює чіткі зображення з дозволом 160 x 120 пікселів. Користувачі, які хочуть бачити більше вилучені об'єкти, можуть вибрати модель D-19. Її об'єктив з фокусною відстанню 19 мм дозволяє збільшити дальність дії. Крім того, ця камера створює надчіткі зображення з дозволом 320 x 240 пікселів, на яких можна розглянути найменші деталі.

Похило-поворотний механізм. Камери D-серії здатні безупинно обертатися в горизонтальній площині й змінювати кут нахилу від 0° до 90°, дозволяючи операторові тримати під контролем всі напрямки. Можна запрограмувати 32 різні положення, при цьому одним натисканням кнопки камера буде повертатися в потрібному напрямку. У камерах D-серії користувач може записати послідовність поворотів камери, що нараховує до 200 команд. Можна змусити камеру повторити



траєкторію руху. Можливе також настроювання сканування між двома заданими користувачем крапками.

Для сучасних систем охорони та забезпечення безпеки об'єктів оптимальним також можна вважати розміщення на них тепловізійних приладів PTZ-35 MS і PTZ-50 MS (рисунок 8.8) компанії FLIR Systems. Розглянемо особливості охорони об'єктів за допомогою цих приладів.

Пристрою PTZ-35 MS і PTZ-50 MS являють собою високочутливі довгохвильові прилади для створення термальних зображень, скомбіновані з камерою далекої дії для зйомки в умовах денної й малої освітленості. Обидві камери поміщені в компактний герметичний корпус із функцією нахилу/повороту. Прилади PTZ-35 MS і PTZ-50 MS забезпечують яскравість і чистоту термальних зображень у повній темряві, а також в умовах туману або димки. У них застосовується та ж технологія створення термальних зображень, що й у найбільш складних системах забезпечення безпеки й моніторингу компанії FLIR. До них ставляться вдосконалені технології FLIR по обробці зображень, що забезпечують бездоганну контрастність поза залежністю від руху об'єкта. На відміну від інших систем нічного бачення, яким для створення зображення потрібно хоча б мінімальне висвітлення, ці системи абсолютно не мають потреби у світлі.

Чіткі тепловізійні зображення – 320 x 240 пікселів PTZ-35 MS і PTZ-50 MS забезпечують чітке, чисте тепловізійне зображення дозволом 320 x 240 пікселів. Це дає можливість користувачеві бачити більше деталей і детектувати більш дрібні об'єкти. Удосконалене програмне забезпечення дозволяє одержувати чіткі зображення, не вимагаючи додаткового настроювання камери користувачем. Обидві камери роблять високоякісне тепловізійне зображення в будь-яких погодних умовах дня або ночі.

Камера день/ ніч (високочутлива камера для низького рівня освітленості) і теплобачення. Обидві версії обладнані камерою далекої дії день/ніч. Відставлені тепловизионной і камери день/ніч доступні одночасно. Денна камера має 26-кратний оптичний зум. Електронна стабілізація зображення дозволяє одержувати чисту картину при повному збільшенні.

Дві версії. Різні користувачі мають різні потреби. Тому FLIR Systems випустила на ринок PTZ-Камери з різними об'єктивами. Евтектичний об'єктив має менший кут огляду й дає можливість бачити предмети на великій відстані. Тепловизор може бути оснащений ширококутним або вузькокутним об'єктивом, по необхідності, для забезпечення максимальної продуктивності системи охорони й відеоспостереження.

PTZ-35 MS має кут огляду 20°, а PTZ-50 MS - 14°. Обидві найбільше підходять для детектування об'єктів на вилучених дистанціях при будь-яких умовах. За допомогою PTZ-50 MS Ви зможете виявити людську фігуру на відстані до 800 м. Об'єкт із розмірами 2,3 м x 2,3 м виявляється на відстані більше 2 км.

Швидка, легка у використанні, точна система з похило/поворотним механізмом. Камери PTZ-35 MS і PTZ-50 MS установлені на маленький, міцний похило/ поворотний механізм. Керування за допомогою інтуїтивно зрозумілого джойстика дозволяє користувачеві повертати камери на +/-200° по горизонталі й міняти кут нахилу на +/-60° по вертикалі, надаючи чудову ситуативну орієнтацію на місцевості. Для використання тепловізійних камер PTZ не потрібно спеціального навчання.

Маленькі й легковагі. Дуже легковагі, обидві версії камер можуть бути встановлені в будь-якому місці. Їх можна закріпити в крапці з оптимальним оглядом для забезпечення максимального поля видимості.

Створені для використання в тяжких умовах PTZ-35 MS і PTZ-50 MS дуже надійні системи. Корпус добре захищений від вологи й води, відповідно до міжнародних стандартів Mil-Std-810E і IP66. Температурний діапазон роботи обох камер: від -25°C до +55°C

Безліч варіантів установки. Підключення PTZ-35 MS і PTZ-50 MS в існуючу систему CCTV можливо різними шляхами для досягнення раннього виявлення потенційних погроз і максимального огляду 24/7 цілий рік. Вони можуть підключатися як для автономної роботи, так і для роботи частиною мережі або в гібридному режимі з локальним і мережним контролем.

Аналогова конфігурація:

Просто необхідно приєднати PTZ-35 MS або PTZ-50 MS через RS-232 або RS-422 до панелі дистанційного керування. Команди PelcoD використовуються для загальних функцій нахилу/повороту/ зумування. Два відеокабелі можуть бути підключені до будь-якого мультифункціонального дисплею, що підтримує відтворення композитного відео. Є присутнім графічний інтерфейс користувача.

ТСР/IP конфігурація:

Обидві тепловізійні системи можуть бути інтегровані в будь-яку існуючу ТСР/IP мережа і контролюватися через РС. Не потрібно додаткових кабельних з'єднань. Використовуючи дану конфігурацію, ви можете контролювати всі дії через Інтернет. Навіть якщо Ви перебуваєте за тисячі кілометрів. Система оснащена графічним інтерфейсом для контролю системи.

Прогресивними з точки зору забезпечення охорони приміщень є тепловізійні прилади нового покоління PTZ-35x140 MS / SR-35x140 MS (рисунок 8.9).

Чіткі теплові зображення з дозволом 320 x 240 пікселів. Системи PTZ-35x140 MS і SR-35x140 MS формують ясні й чіткі теплові зображення в умовах повної темряви, диму й легкого туману. Це дозволяє одержувати більше детальне зображення об'єктів, а також бачити дрібні об'єкти на великій відстані. Удосконалене програмне забезпечення камери дозволяє одержувати чіткі зображення, не вимагаючи додаткового налаштування камери користувачем. Обидві тепловізійні камери забезпечують висока якість теплових зображень у будь-яких умовах і в будь-який час доби.

Неохолоджувана система. У тепловізійних камерах, убудованих у системи PTZ-35x140 MS і SR-35x140 MS, використовуються неохолоджувані мікроболометричні детектори. У неохолоджуваному детекторі відсутній охолодний елемент, що забезпечує більше широку область застосування, більше низьку вартість технічного обслуговування й менший час простою.

Дві тепловізійні камери. Обидві системи обладнані двома окремими тепловізійними камерами. Одна має ширококутний 35 мм об'єктив, а інша - 140 мм об'єктив з вузьким полем зору.

Убудована відеокамера день / ніч великого радіуса дії з безперервним масштабуванням. Одним натисканням кнопки ви можете перемикатися між інфрачервоною камерою й відеокамерою день/ніч (2 лк). Це дозволяє одержати додаткову інформацію й забезпечує ідентифікацію об'єктів підходящих умовах. Камера день/ніч дозволяє здійснювати оптичне масштабування до 26х. Крім того, можливо одночасне спостереження теплового й відеозображення через мережу Ethernet.[11]

Призначені для експлуатації в тяжких умовах навколишнього середовища. PTZ-35x140 MS і SR-35x140 MS – винятково міцні й надійні системи. Ці камери мають ступінь захисту IP66, відмінно захищені від пилу й вологи. Стійкий до корозії корпус гарантує тривалий строк експлуатації. Системи PTZ-35x140 MS і SR-35x140 MS працюють при температурах від -32 до +55°C. Обидві тепловізійні камери мають убудований обігрівач для розморожування захисного вікна. Це гарантує чистоту об'єктивів і чудова якість відображуваних на моніторі інфрачервоних зображень навіть при дуже низьких температурах. Наявні моделі - SR-35x140 MS: Це стаціонарно встановлювана тепловізійна система. Після установки зона її видимості залишається незмінної. - PTZ-35x140 MS: Система PTZ-35x140 MS може безупинно повертатися в горизонтальному напрямку на кут 360° і нахилитися по вертикалі на кут +/- 60°. Завдяки цьому оператор може сканувати всю територію повністю й контролювати будь-яку його ділянку, що цікавить, об'єкта.

Додаткове програмне забезпечення. Є комплект програмного забезпечення для розроблювачів (SDK) для інтегрування в мережу TCP/IP.

Безліч різних способів установки. Є різні варіанти підключення систем PTZ-35x140 MS і SR-35x140 MS і інтегрування в існуючу інфраструктуру систем відеоспостереження, забезпечуючи можливість раннього виявлення й повний контроль об'єкта спостереження 24 години на добу, 365 днів у році. Їх можна настроїти для роботи в автономному режимі, як частина мережі, або як змішана конфігурація з локальним або мережним керуванням: - Аналогова конфігурація: Просто підключіть систему PTZ-35x140 MS або SR-35x140 MS через інтерфейс

RS-422 до пульта дистанційного керування. Для реалізації функцій панорамування / нахилу / масштабування використовуються команди PelcoD. Відеокабелі можна приєднати до будь-якого дисплея з композитним відставляти. Також доступний графічний користувальницький інтерфейс. - Конфігурація TCP/IP: Системи PTZ-35x140 MS і SR-15x140 MS легко підключити до будь-яких мереж TCP/IP для керування із ПК. При цьому додаткові кабелі не потрібні. Використовуючи цю конфігурацію, ви можете вести спостереження за ситуацією через мережу Інтернет, перебуваючи навіть за тисячі кілометрів від об'єкта. Для керування системою є графічний користувальницький інтерфейс.

Швидкість і точність панорамування / нахилу. Інтуїтивно-зрозуміле керування роботою системи за допомогою джойстика дозволяє операторові бачити на 360° по горизонталі й на +/-60° по вертикалі, забезпечуючи максимум інформації про поточну ситуацію. Використання системи PTZ-35x140 MS не вимагає спеціального навчання.

Робота з радаром - „цілевказування”. Система PTZ-35x140 MS може працювати в комплексі з радарною системою. При виявленні радаром об'єкта камера PTZ-35x140 MS автоматично повертається в потрібному напрямку й надає вам візуальне зображення, щоб ви відразу могли побачити, що в дійсності являє собою пляма на екрані радара. Завдяки високій точності й швидкодії системи панорамування/нахилу, система PTZ-35x140 MS повертається зі швидкістю до 120°/с. Це забезпечує легкість спостереження за швидкорухаючимися об'єктами.

## ВИСНОВКИ

Розглянуто питання історії виникнення й розвитку тепловізійні засобів, а також основні поняття й визначення теорії випромінювання. Були розглянуті питання застосування методів теплобачення в різних областях людської діяльності. Дано порівняння цих засобів з тепловізійні засобами в питаннях їхньої ефективності й захисту від несанкціонованого зняття інформації.

Детально розглянуті питання можливості використання тепловізійні технологій в охороні об'єктів і забезпеченні їхньої безпеки.

Випускаються в справжній час ТПВ-прилади і відносяться до II і III поколінь. ТПВ-прилади II покоління мають фотоприймний пристрій (ФПП), виконане на базі багатоелементних лінійок фоточутливих ІЧ-детекторів. Ці прилади містять скануючу систему, що забезпечує розгорнення зображення. У випадку однієї лінійки ФПП-розгорнення здійснюється плоским дзеркалом або дзеркальним куточком. Розрізняють послідовний, паралельний і послідовно-паралельний способи розгорнення зображення.

При послідовному скануванні кожна крапка зображення сканується кожним елементарним детектором при їхньому лінійному розташуванні. Лінія затримки забезпечує фазове інтегрування сигналів всіх детекторів лінійки ФПП.

При паралельному скануванні зображення „продивляється” вертикальним рядом детекторів. Це забезпечує високу температурну чутливість при деякій втраті інформації в зображенні. Чіткість останнього визначається числом рядків, рівним числу детекторів лінійки ФПП. При малій величині постійній часу детекторів і високої швидкості розгорнення може бути використаний так званий „інтерлейсінг” (розташування детекторів через рівні проміжки), що поліпшує якість зображення. Сканування може здійснюватися як прямий, так і зворотним розгорненням. В останньому випадку короткий період повернення може бути використаний для подачі контрольних команд. У результаті пропуски у відтворенні теплової картини при її розгорненні й обробці відсутні. Посилені сигнали з виходу балансового підсилювача надходять на лінійку світлодіодів. Останні під дією цих сигналів

випромінюють видиме світло. Яскравість розподілу випромінювання по лінійці відповідає розподілу енергетичної яскравості в ІЧ-зображенні на лінійці ФПП. Перевага паралельного сканування - більше висока температурна чутливість, використання порівняно простої оптики й блоку розгорнення. До недоліків методу ставляться більше необхідне число детекторів ФПП, відповідно більше складна електроніка, а також наявність нерівномірності яскравості зображення. Нерівномірність виникає через розходження параметрів детекторів лінійки ФПП і їхніх каналів посилення, а також через виникнення міжстрочної різниці рівнів постійних їхніх сигналу.

Нарешті, можливо послідовно-паралельне сканування, що є комбінацією двох зазначених вище методів. Воно передбачає наявність як вертикально, так і горизонтально розташованих детекторів у складі ФПП. За рахунок двокоординатного розгорнення сканується все поле зору. При цьому проглядаються крапки поля всіма площадками відповідного ряду детекторів ФПП, сигнали з яких після часової затримки підсумовуються. При такому методі розгорнення використовується ФПП із меншим числом детекторів, а характерна для паралельного методу розгорнення нерівномірність у яскравості зображення усувається за рахунок підсумовування сигналів від різних детекторів ФПП. Подальший розвиток метод послідовно-паралельного розгорнення одержав у зв'язку з розробкою фотоприймача SPRITE. У ФПП SPRITE затримка й підсумовування прийнятих сигналів відбувається усередині самого чутливого елемента. Це виключає необхідність в електронних схемах, звичайно застосовуваних у лінійних системах ФПП. Це спрощує процес обробки сигналів. У ньому використовується скануюча дзеркальна призма, грані якої виконані під певним кутом до осі її обертання. Погрішність куткового положення, що заміряться безупинно, уводиться в коригувальний електронний пристрій. Горизонтальне розгорнення здійснюється дзеркалами, розташованими через рівні проміжки. Наприклад, якщо їхнє відношення становить 6:1, те це створює 120 рядків ІЧ-зображення. Вертикальне розгорнення здійснюється дзеркалом, скануючим під впливом електромагнітного поля двигуна. Сигнал від блоку розгорнення надходить

на світлодіодний індикатор. При цьому для відтворення сигналу використовується грань призми, зміщена на  $120^\circ$ . Це дозволяє усунути необхідність у точному визначенні положення призми й синхронізації її обертання, а також дає можливість звести до мінімуму геометричні перекручування.

Для зниження складності і вартості ТПВ-приладів була проведена більша робота з їхньої стандартизації та уніфікації. Це призвело до створення ТПВ-приладів модульного типу. У цей час виробництво ТПВ-приладів у значній мірі здійснюється по системі “загальних модулів” (Common Modules). Така система, звичайно, не в змозі охопити всю сукупність необхідних виконань ТПВ-приладів. Крім того, стандартні модулі виявляються занадто громіздкими для ряду застосувань. Тому створення ТПВ-приладів на базі загальних модулів не виключає оригінальних розробок, елементна база яких теж піддана уніфікації. У США в ТПВ-приладах, виконаних на базі загальних модулів, використовується паралельне сканування, при якому перетворення вступників від ФПП сигналів перетворюється у ТВ-формат. У ТПВ-приладах Великобританії і Франції використовувалося послідовно-паралельне сканування з видачею результуючого сигналу безпосередньо в ТВ-форматі. Оскільки всі можливі варіанти ТПВ-приладів для різних застосувань неможливо виконати за допомогою тих самих модулів, то у всіх зазначених країнах було вирішено розбити ТПВ-прилади на три класи залежно від призначення приладів.

Модулі ТПВ-приладів першого класу (прилади прямого бачення) служать для портативних і переносних приладів з автономними джерелами живлення. Вихідне зображення спостерігалось через окуляр. До складу приладів входять наступні модулі: блок розгорнення ФПП, передпідсилювачі, кінцеві перетворювачі, електронні блоки керування й обробки сигналів, світлодіодні індикатори, перетворювач напруги й елементи блоку охолодження. У типовому ТПВ-приладі використовуються 4 - 5 базових модулів і блоків оригінальної конструкції, що забезпечують придатність приладу для конкретного застосування.

Модулі ТПВ-приладів другого класу (прилади непрямого бачення) призначалися для систем із середньою дальністю дії в переносному або



стаціонарному виконанні. У них використовувався ТВ-індикатор, що міг бути вилучений з приладу. При створенні таких приладів використовувалися 12 модулів: ІЧ-об'єктив, змінні афокальні насадки, блок розгорнення, блок керування його роботою, ФПП, блок передпідсилювачів, елементи системи охолодження, блок електронної обробки сигналів, блок керування і регулювання, перетворювач сигналів у ТВ-стандарт, ТВ-індикатор, перетворювач напруги. Особливість ТПВ-приладів другого класу складається в автоматичному регулюванні чутливості й рівня сірого, а також вирівнюванні посилень різних каналів.

Модулі третього класу призначалися для приладів із підвищеними масогабаритними характеристиками, великою дальністю дії, значною складністю й вартістю – головним чином для вертольотів, літаків і кораблів. Діаметри вхідних зіниць об'єктивів у приладах третього класу збільшуються на 50% у порівнянні із ТПВ-приладами другого класу. ТПВ-прилади третього класу мають більшу чутливість, кращу роздільну здатність. Однак наведений поділ на класи досить умовний, тому що розроблювачі при створенні конкретних приладів можуть використовувати модулі всіх трьох класів.

Таким чином, своєчасне виявлення засобів оптичного спостереження стає важливим завданням при проведенні як профілактичних, так і спеціальних захисних і охоронних заходів.[8]

Своєчасне виявлення несанкціонованого спостереження дозволяє встановити мета його проведення й визначити потенційну погрозу факту спостереження.

Тепловізори по своїх робочих і цінових характеристиках є оптимальними приладами для пошуку засобів несанкціонованого одержання інформації й можуть бути застосовані в системах охорони і забезпечення безпеки на об'єктах різних форм власності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сидорин Ю.С. Технические средства защиты информации. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 141 с.
2. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. — К.: ООО “ДС”, 2011. — 688 с.
3. Кошавцев Н.Ф., Федотова С.Ф. Состояние и перспективы развития техники ночного видения. Прикладная физика, 2004, вып. 2, с. 141 – 145.
4. Криксунов Л.З., Падалко Г.А. Тепловизоры (справочник). Киев, Техніка, 2001.
5. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. М.: Сов. Радио, 1978. — 400 с., ил.
6. Ю.Ф. Каторин, Е.В. Куренков, А.В. Лысов, А.Н. Остапенко - Большая энциклопедия промышленного шпионажа, под общ. ред. Е.В. Куренкова. — С. Петербург: ООО “Издательство Полигон”, 2015. — 512 с., ил.
7. Ковалев А.В., Федчишин В.Г., Щербаков М.И. Тепловидение сегодня. //Специальная техника, 1999, № 3, с. 13 – 18, 1999, № 4, с. 19 – 23.
8. Ллойд Дж. Системы тепловидения. М.: Мир, 1987.
9. Агранов Г.А., Дахин А.М., Нестеров В.К., Новоселов С.К. Особенности получения и обработки ИК-изображений в матричных фотоприемниках с координатной адресацией на основе халькогенидов свинца. //Оптический журнал, 1996, № 9, с. 53 – 57.
10. Ерофейчев В.Г. Инфракрасные фокальные матрицы. //Оптический журнал, 2003, № 2, с. 12 – 20.
11. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. М.: Мир, 1988.
12. Певцев Е., Чернокнижин В. Матричные ИК-приемники для малогабаритных тепловизионных камер. //Электронные компоненты. 2001, № 1, с. 32 – 36, 2001, № 2, с. 30 – 34, 2017, № 3, с. 12 – 20.

13. Ушакова М.Б. Тепловизоры на основе неохлаждаемых микроболометрических матриц: современное состояние зарубежного рынка и перспективы развития. ОНТИ ГУП „НПО „Орион”, М., 2016.
14. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Л.: Машиностроение, 1983.
15. Макаров А.С., Омелаев А.И., Филиппов В.Л. Введение в технику разработки и оценки сканирующих тепловизионных систем. Казань, Унипресс, 1998.
16. Хорошко В.А, Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации. (Под ред. Ю.С. Ковтанюка) – К.Издательство Юниор, 2015.

### **Статті, конференції**

1. Дакова Л.В., Хміль Д.Я., Галич А.С., Герасименко Д.В., Семидко С.О. Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сталий розвиток глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху sns/atm» Використання розподілених транспортних радіомереж терагерцового діапазону для побудови мереж мобільного зв'язку нового покоління. 23 – 25 листопада 2021р., НАУ, м. Київ, С. 35-37.
2. Дакова Л.В., Хміль Д.Я., Галич А.С., Герасименко Д.В., Семидко С.О. Преспективи впровадження IPTV на противагу існуючим системам супутникового телебачення в Україні Журнал «Зв'язок» – №4 – 2022. – С.

## **ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**