Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

Навчальна дисципліна

Тепловізійні пристрої та системи

для магістрантів за спеціалізацією:

«Електронні прилади та пристрої»

Спеціальність: 171 «Електроніка»

Стрілкова Тетяна Олександрівна
доктор технічних наук, професор кафедри МЕЕПП

ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

за результатами вивчення дисципліни студенти повинні:

- **знати**: фізичні основи теплобачення, особливості побудови та застосування тепловізійних та телевізійних пристроїв і систем, принципи функціонування як окремих частин, так і систем теплобачення в цілому, основні види ІЧ приймачів та їх характеристики, методи формування зображення в системах теплобачення, методи вимірювання основних характеристик, сучасні напрямки вдосконалення систем теплобачення та напрямки їх застосування, тенденції та перспективи розвитку тепловізійних систем;
- **вміти**: оцінювати основні параметри та розраховувати основні характеристики тепловізійних та телевізійних пристроїв і систем, оцінювати вплив зовнішніх та технологічних факторів на параметри систем теплобачення та їх окремих частин, вимірювати основні параметри і характеристики пристроїв ІЧ діапазону;
- **володіти (перелік компетенцій):** знаннями щодо користування тепловізійними та телевізійними пристроями і системами, в умовах професійної діяльності здійснювати їх комплектування, побудову та налагодження.

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Коротаев В.В., Мельников Г.С., Михеев С.В., Самков В.М., Солдатов Ю.И. Основы тепловидения: Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012 – 122с.

2. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения. - М.: Университетская книга; Логос, 2007. - 192 с.

3. Богомолов П.А., Сидоров В.И., Усольцев И.Ф. Приемные устройства ИК-систем. /Под ред. В.И. Сидорова. - М.: Радио и связь, 1987. - 208 с.

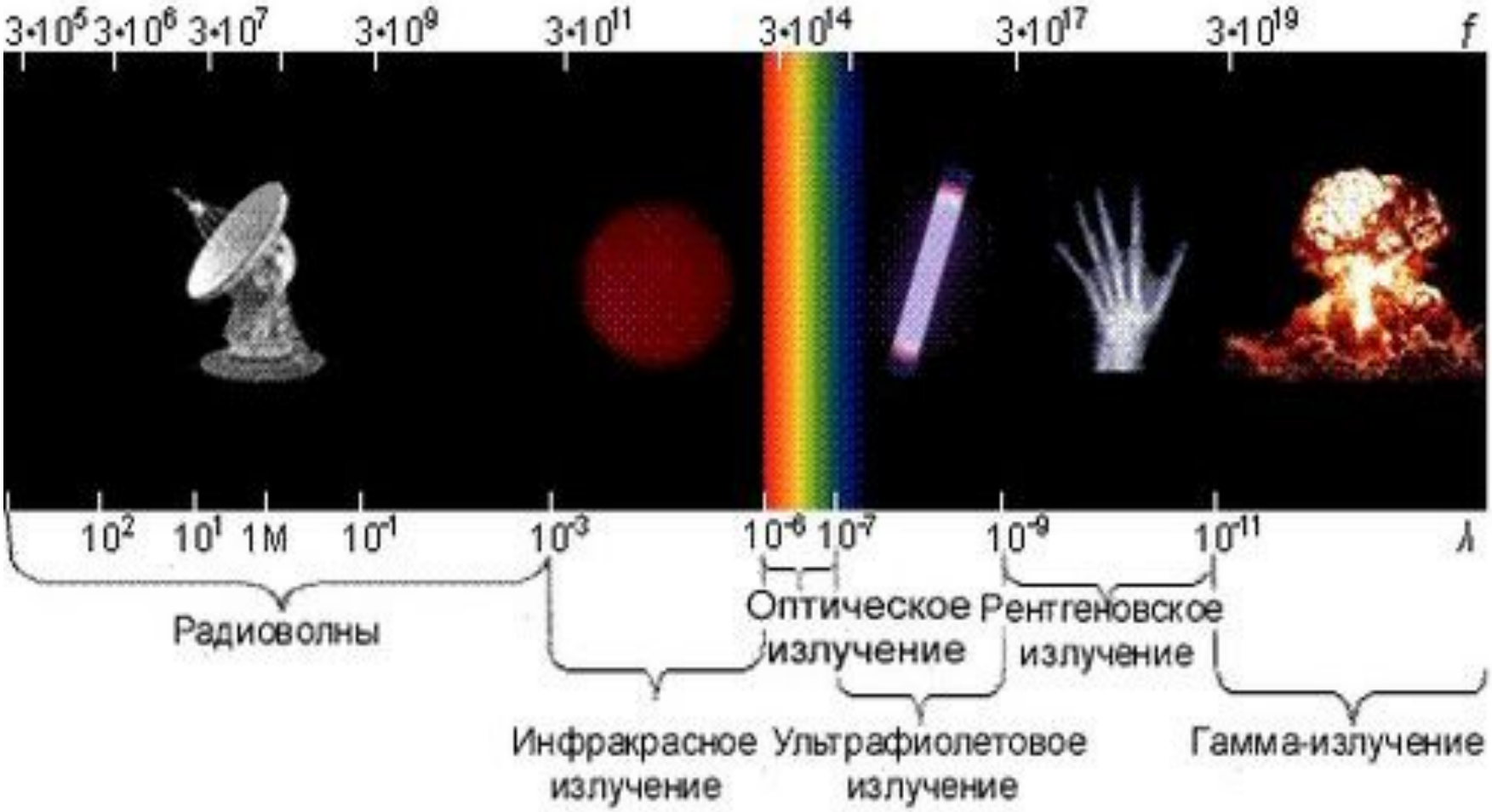
4. Колобродов В.Г., Шустер Н. Тепловізійні системи (фізичні основи, методи проектування і контролю, застосування) : Підручник. – К.:, 1999. – 340 с.

5. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: Учеб. пособие для приборостроительных вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1983. - 696 с.

Тема

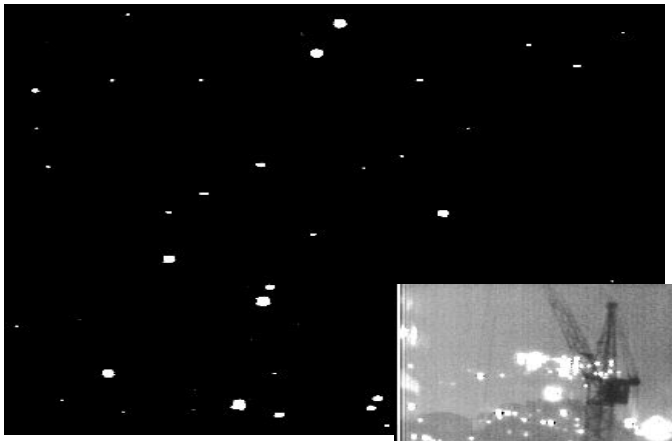
Фізичні основи оптико-електронних систем

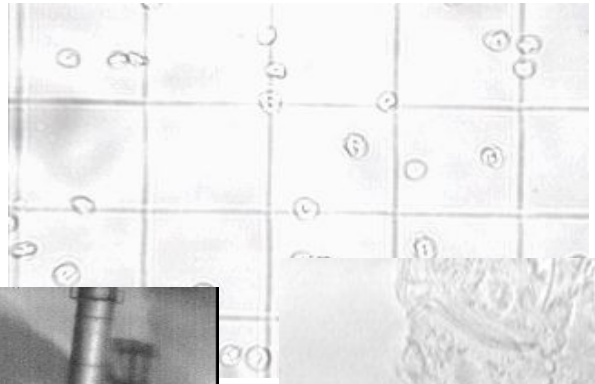
Електромагнітне випромінювання

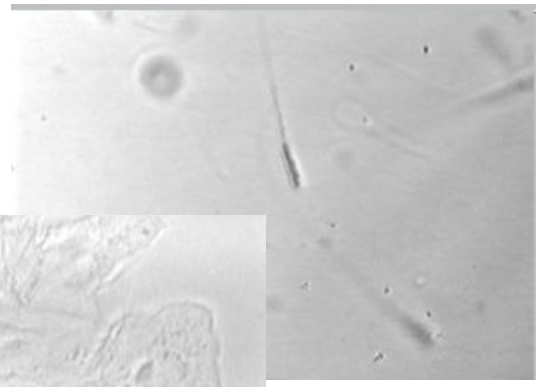


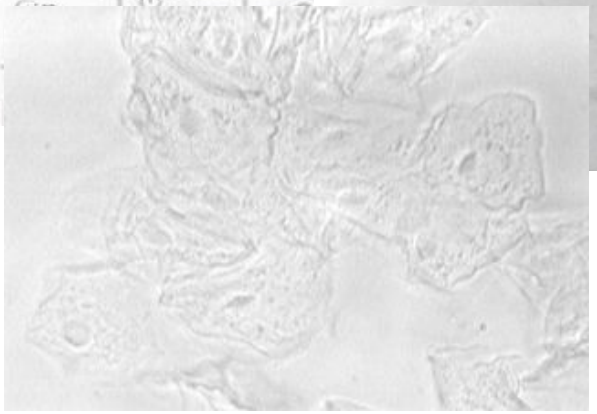
Оптико-електронні системи різного призначення

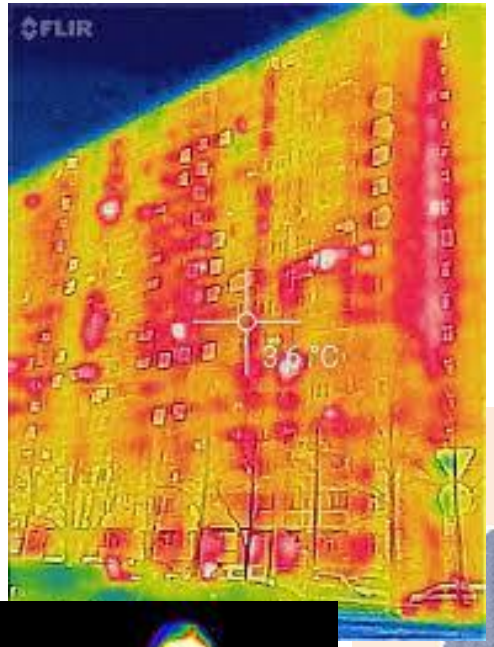
Приклади зображень, зареєстрованих ОЕС

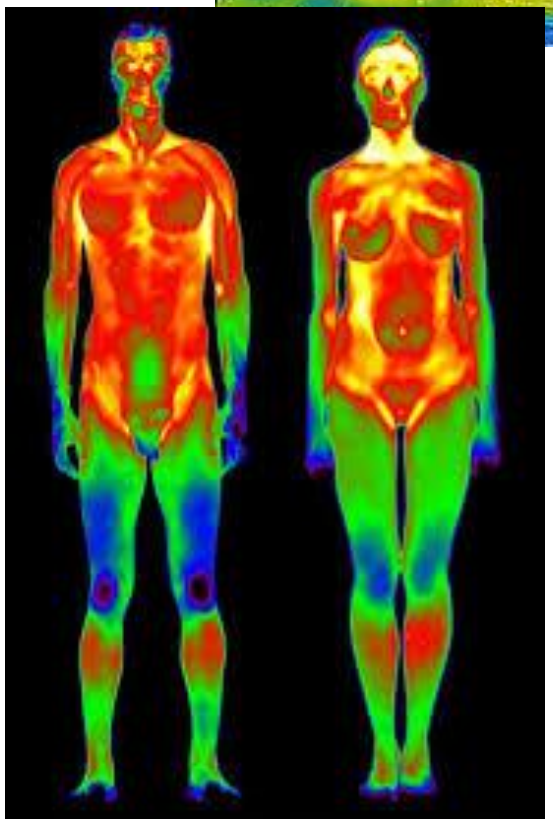


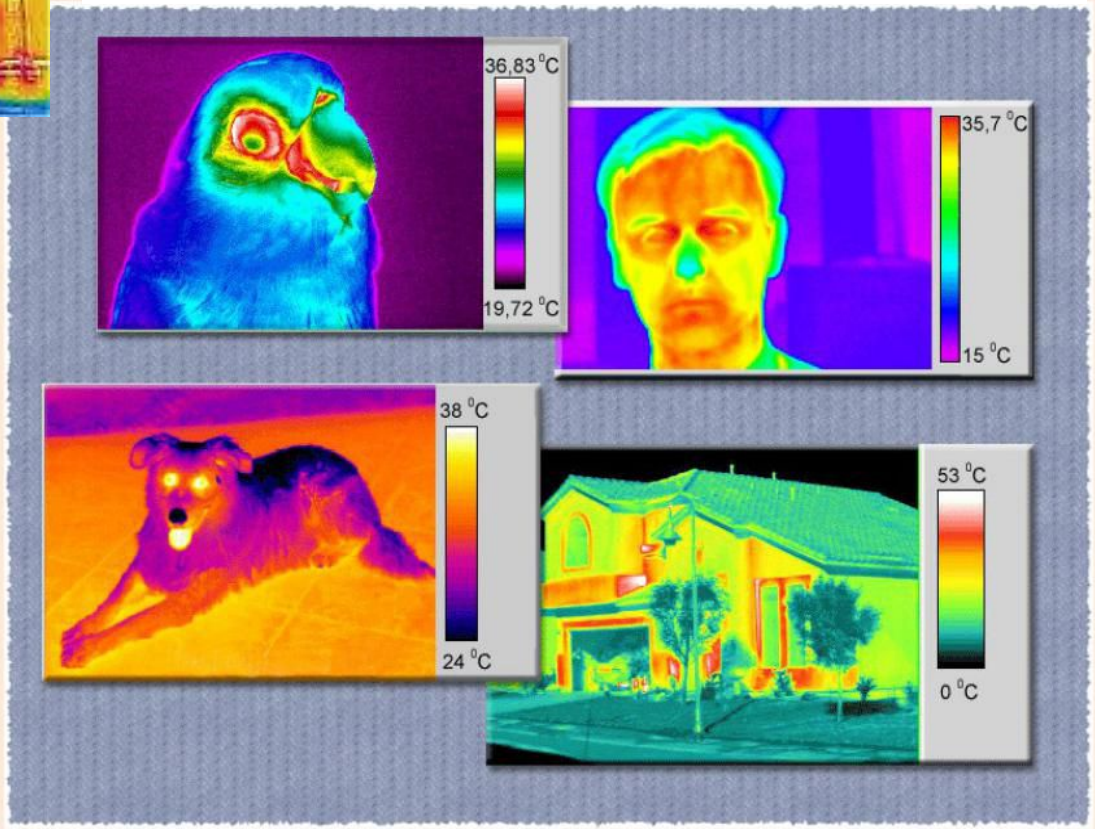







FLIR




36,83 °C
19,72 °C
35,7 °C
15 °C
38 °C
24 °C
53 °C
0 °C

Застосування тепловізорів

Применение тепловидения

Биология	Медицина	Экология	Физика	Техника
Исследование собственной теплопродукции целостных организмов (растений, насекомых и различных видов животных)	Диагностика различных сосудистых патологий	Противопожарный мониторинг почв, лесных массивов, торфяников и вулканической обстановки	Исследование подвижности газов, жидкостей и твердых веществ под действием тепловых градиентов	Тепловой контроль работы машин, механизмов и транспортирующих энергию трасс
Исследование собственной теплопродукции изолированных органов, тканей и клеток	Диагностика различных воспалительных процессов и опухолевых образований	Аэроконтроль сезонных и годовых смещений зон мерзлоты, степей и пустынь	Исследование собственной теплопродукции физико-химических процессов	Контроль теплофизических производств
Исследование влияния на теплопродукцию организмов различных биохимических веществ и внешних физических факторов	Контроль динамики и эффективности лечения	Аэроконтроль численности диких животных и ареалов их нахождения	Исследование тепловыделения проводников, полупроводников, смазочных и поверхностно-активных материалов	Контроль теплоизоляции зданий и сооружений
Исследование влияния на теплопродукцию суточных, сезонных, годовых циклов и механизмов работы "биологических часов"	Экспресс-селекция людей при проведении карантинных мероприятий	Аэроконтроль систем нефти и газопроводов, хранилищ радиоактивных отходов и свалок мусора	Исследование влияния различных внешних условий на теплопродукцию процессов	Охрана объектов и выявление взрывчатых веществ и оружия при борьбе с терроризмом

Характеристики тепловизоров

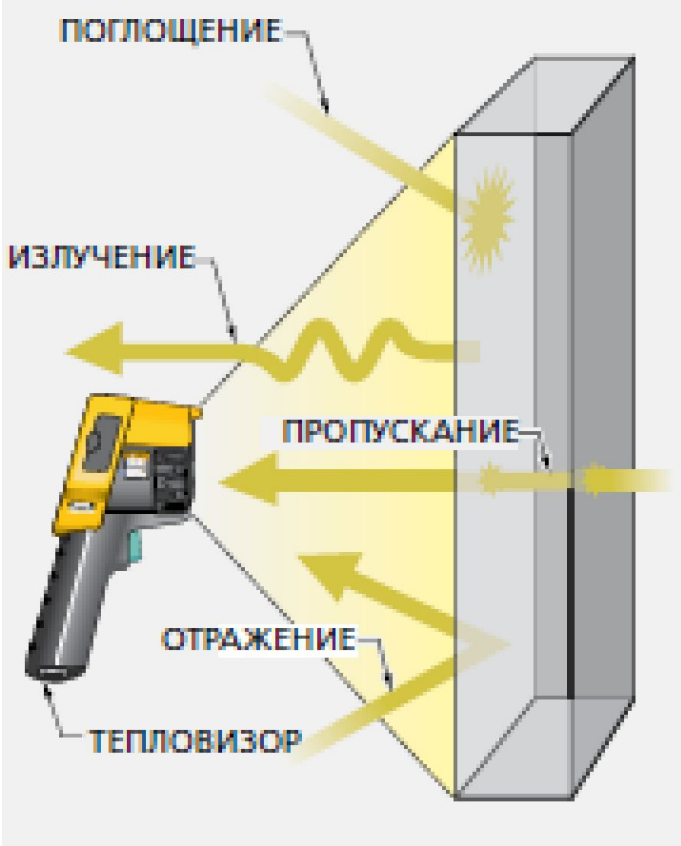
- тепловизорах с детектором 320 х240 пикселей применяются процессоры, которые способны обрабатывать и отображать 76800 значений температуры. Так, например, тепловизор, может записывать полностью радиометрическое видео с плотностью 691920 измерений в секунду. При этом, чувствительность к разнице температур в двух соседних точках на любом видео-кадре составляет всего 0,03 ^{o}C

Характеристики тепловизоров

- Тепловизоры предлагают высококачественные термограммы с температурной чувствительностью 60 мК. Прибор оснащен ручным и моторизированным фокусом, а также имеет возможность расширения диапазона измерения до 550 ^{o}C.

Функціональна схема узагальненої тепловізійної системи

Преобразования энергии инфракрасного излучения



коэффициенты излучения материалов

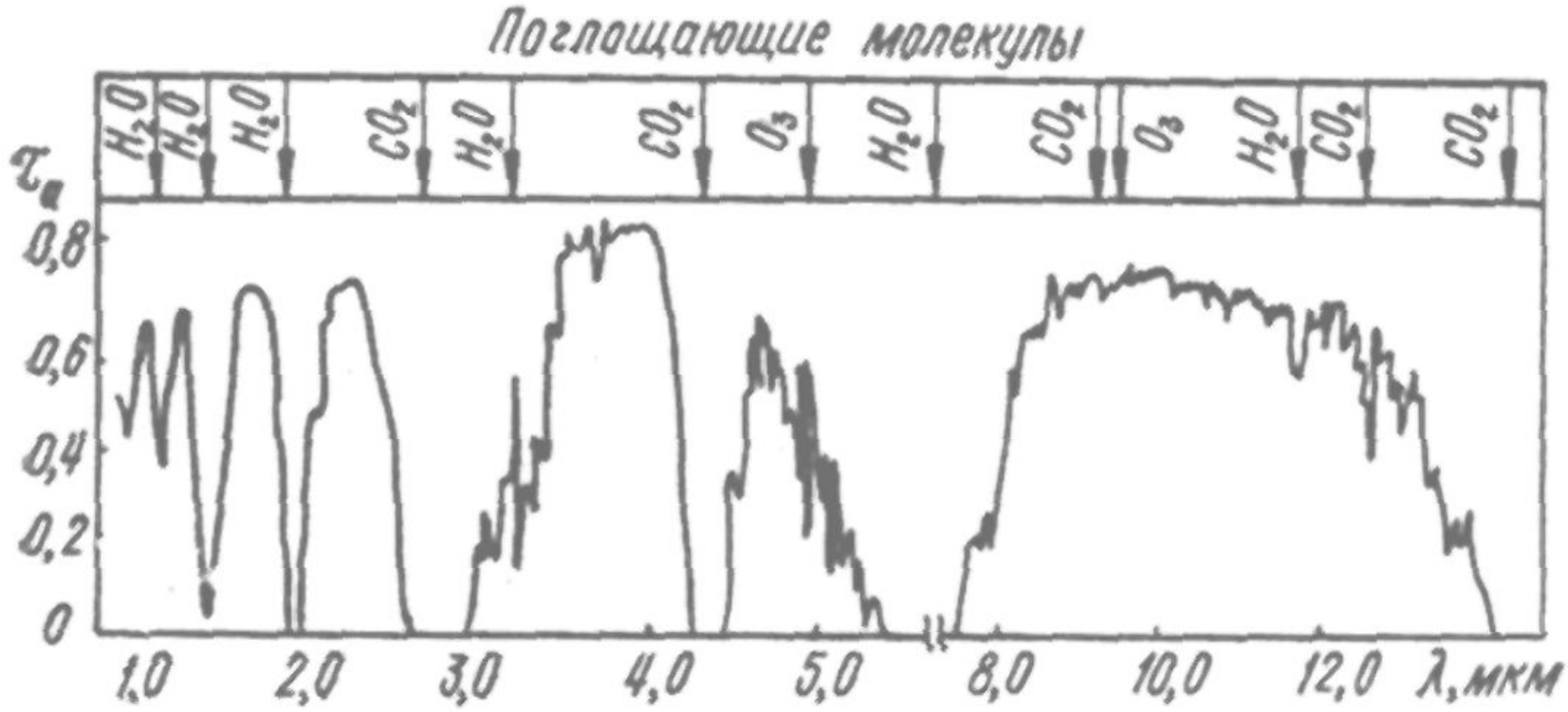
Материал	Коэффициент излучения
Сталь полированная Сталь оксидированная	0,18 0,85
Медь полированная Медь оксидированная	0,10 0,61
Алюминий полированный Алюминий оксидированный	0,05 0,30
Бетон	0,90
Асфальт	0,90
Красный кирпич	0,93
Графит	0,85
Ткань	0,85

Преобразования энергии инфракрасного излучения

- Тепловое излучение ослабляется при прохождении через атмосферу вследствие поглощения молекулами газа, аэрозолями, осадками, а также дымом, туманом, смогом.

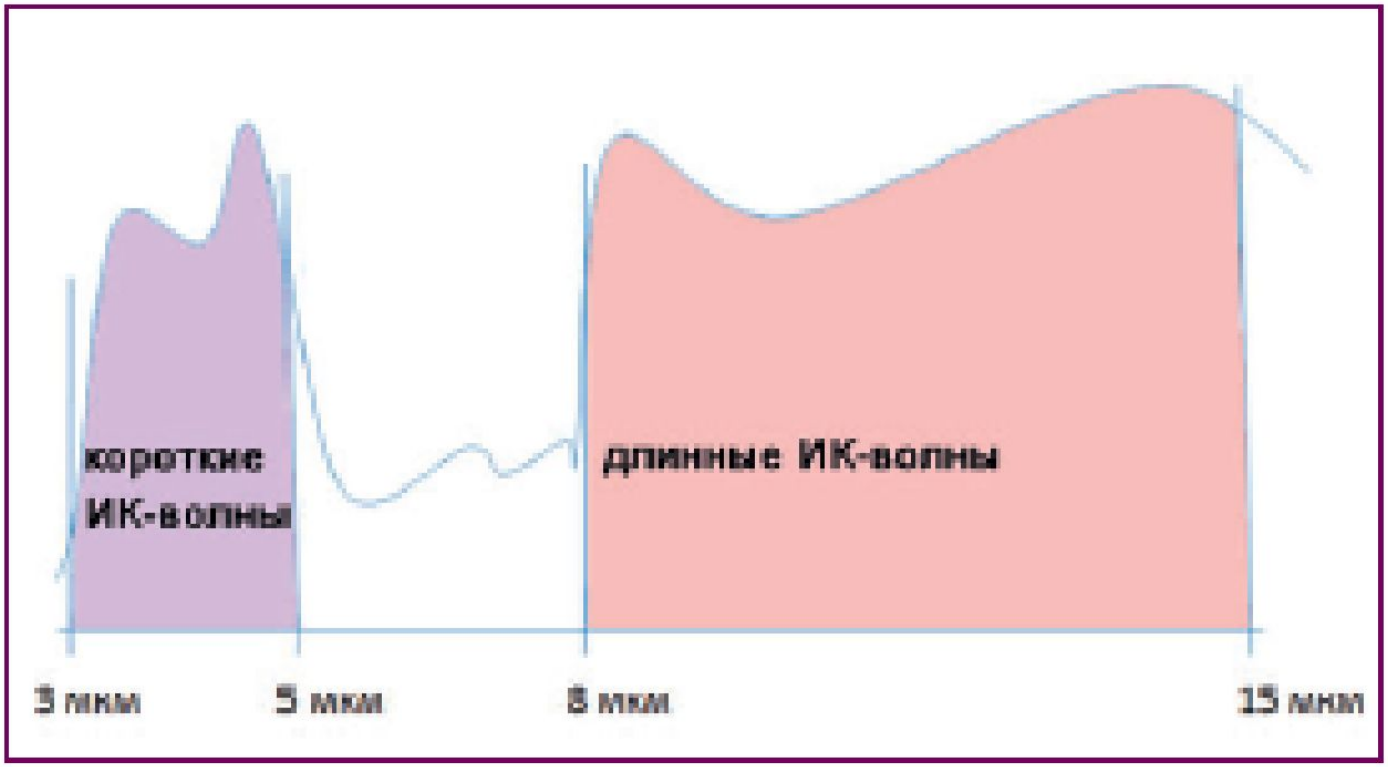
- Следующие вещества поглощают инфракрасное излучение в широких полосах с соответствующими указанными длинами волн:

График зависимости коэффициента пропускания атмосферы τ_a от длины волны



а) вода (2,7; 3,2; 6,3 мкм);
б) углекислый газ (2,7; 4,3; 15 мкм);
в) озон (4,8; 9,6; 14,2 мкм);
г) закись азота (4,7; 7,8 мкм);
д) окись углерода (4,8 мкм);
е) метан (3,2; 7,8 мкм).

«Вікна» прозорості атмосфери



Теплове випромінювання

Коэффициент отражения $\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_0}$

Коэффициент поглощения $\alpha = \frac{\Phi_{погл}}{\Phi_0}$

Коэффициент пропускания $\tau = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi_0}$

Закон сохранения энергии:

$$\Phi_{отр} + \Phi_{погл} + \Phi_{пр} = \Phi_0$$

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Поток излучения, испускаемый единицей площади поверхности, называется **энергетической светимостью R [Вт/м^2]**

Теплове випромінювання

Закон Стефана-Больцмана

Энергетическая светимость **R** абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его термодинамической температуры:

$$R = \sigma T^4$$

постоянная Стефана-Больцмана

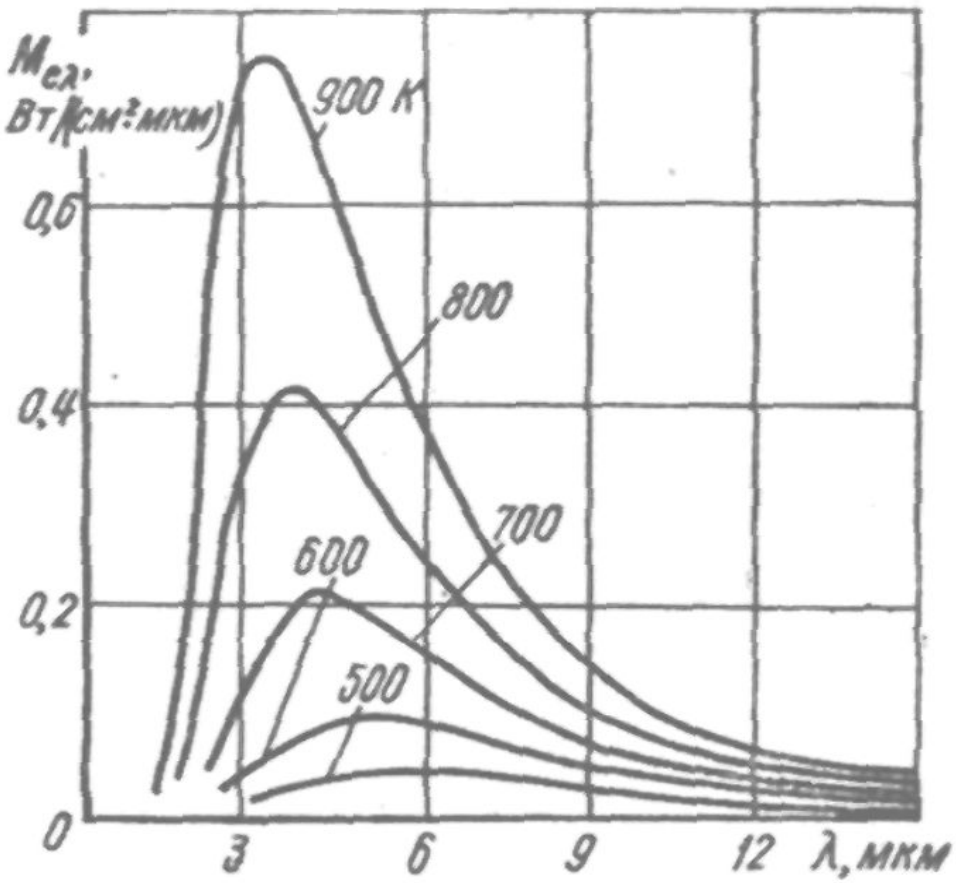
$$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \quad Вт/м^2 \cdot К^4$$

$$R = k\sigma\left(T_1^4 - T_2^4\right)$$

k – *коэффициент, определяющий излучательную способность тела*

T_1 – *температура излучающего тела* T_2 – *температура окружающей среды*

Теплове випромінювання



Закон Вина

Произведение абсолютной температуры абсолютно черного тела на длину волны, при которой спектральная плотность энергетической светимости данного тела максимальна, равна постоянной величине

$$\lambda_{max} T = c_1$$

$$c_1 = 2{,}9 \cdot 10^{-3} \quad м \cdot К$$

Тепловізійна система виконує основні функції

1. Формує теплове зображення об`єктів та фонів з необхідним масштабом та якістю.

2. Трансформує з мінімальними втратами можливо більший потік випромінювання від об’єктів та фонів.

3. Забезпечує необхідний огляд простору об’єктів при малому миттєвому полі зору.

4. Забезпечує спектральну фільтрацію оптичного сигналу з метою збільшення відношення величини випромінювання від об`єкта до величини випромінювання від фону.

5. Виконує слідкування за об’єктом і визначає його координати.

Процеси, які лежать в основі отримання теплового зображення

1. Для того, щоб з допомогою ТС можна було виявити та розпізнати об`єкт, він повинен відрізнятися від фону по температурі або по коефіцієнту випромінювання. Ця ефективна різниця температур зумовлена внутрішнім нагрівом, теплообміном з зовнішнім середовищем або іншими процесами.

2. Випромінювання від об`єктів та фонів розповсюджується до ТС через атмосферу, яка не повинна сильно його ослаблювати.

3. Оператор повинен знати, який об`єкт йому необхідно виявити та розпізнати. Тому він орієнтує ТС з обмеженим полем зору для пошуку потрібного об`єкта.

4. ТС сприймає інфрачервоне випромінювання від об`єкта і перетворює його у видиме зображення.

5. Оператор сприймає тепловізійне зображення, змінюючи його яскравість та контрастність. Аналізуючи контури, орієнтацію, контрастність та окремі деталі сприймаючого зображення і маючи досвід розшифровки тепловізійних аналогів, він здійснює виявлення та розпізнавання об`єктів.