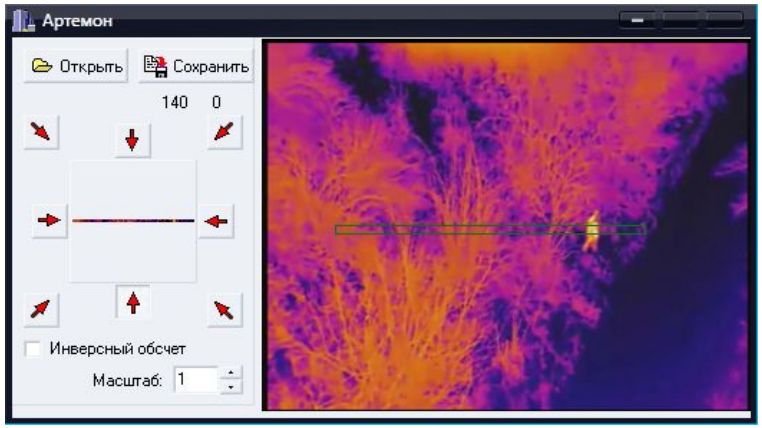
Лекція 5

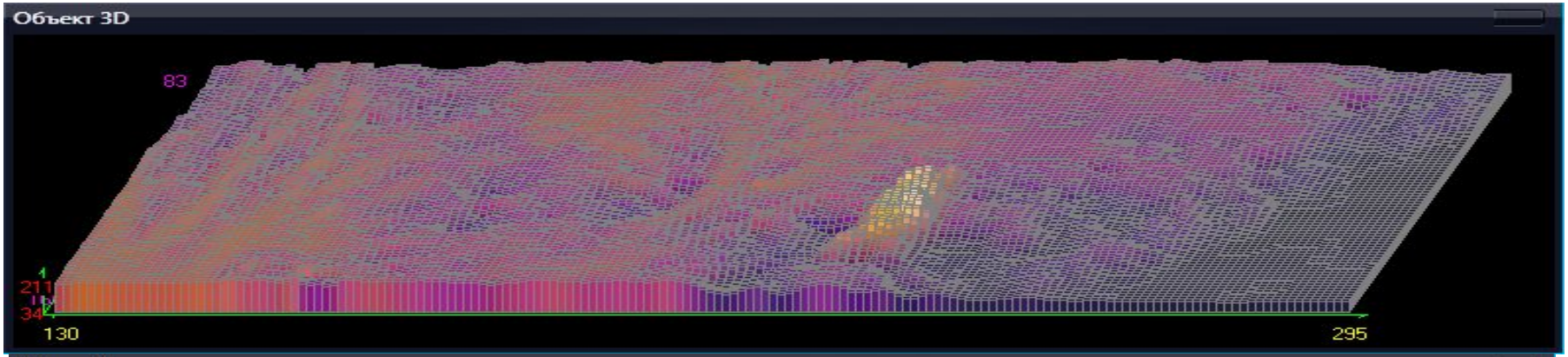
Шуми оптико-електронних систем.

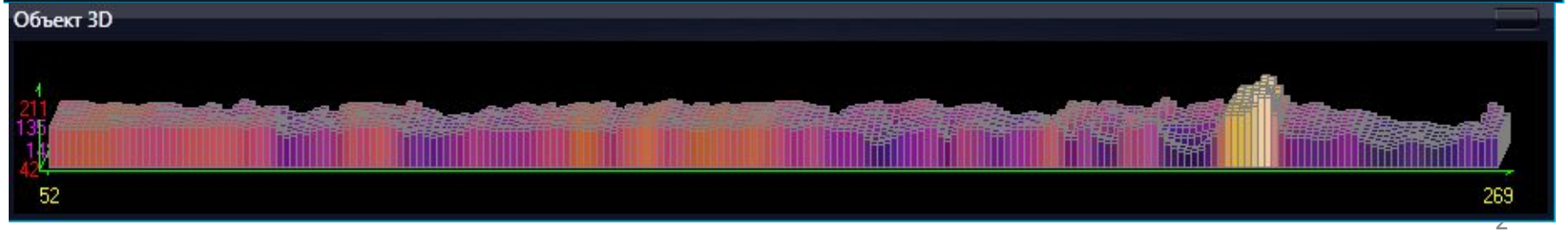
Межа чутливості приймачів випромінювання

Обумовлений: флуктуаціями випромінювання сигналу;

флуктуаціями фонового випромінювання







Шуми оптико-електронних систем

- Тепловой шум (шум Джонсона)
- Дробовой шум
- Токовый шум (1/f–шум)
- Тепловые флуктуации
- Шум мерцания (фликкер-эффект)
- Флуктуації зовнішнього фону
- Флуктуації сигналу

Шуми оптико-електронних систем

Шум мерцания (фликкер-эффект).

Шум мерцания обусловлен случайными изменениями эмиссии фотокатода. Установлено, что шум мерцания зависит от типа материала и свойств чувствительного слоя.

Флуктуации интенсивности приходящего оптического излучения (эффект «мерцания»)

$$\sigma_M^2 = \overline{(\ln I - \overline{\ln I})^2}$$

$$P(I) = \frac{1}{\sigma_M \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln I - \overline{\ln I})^2}{2\sigma_M^2}}$$

Шуми оптико-електронних систем

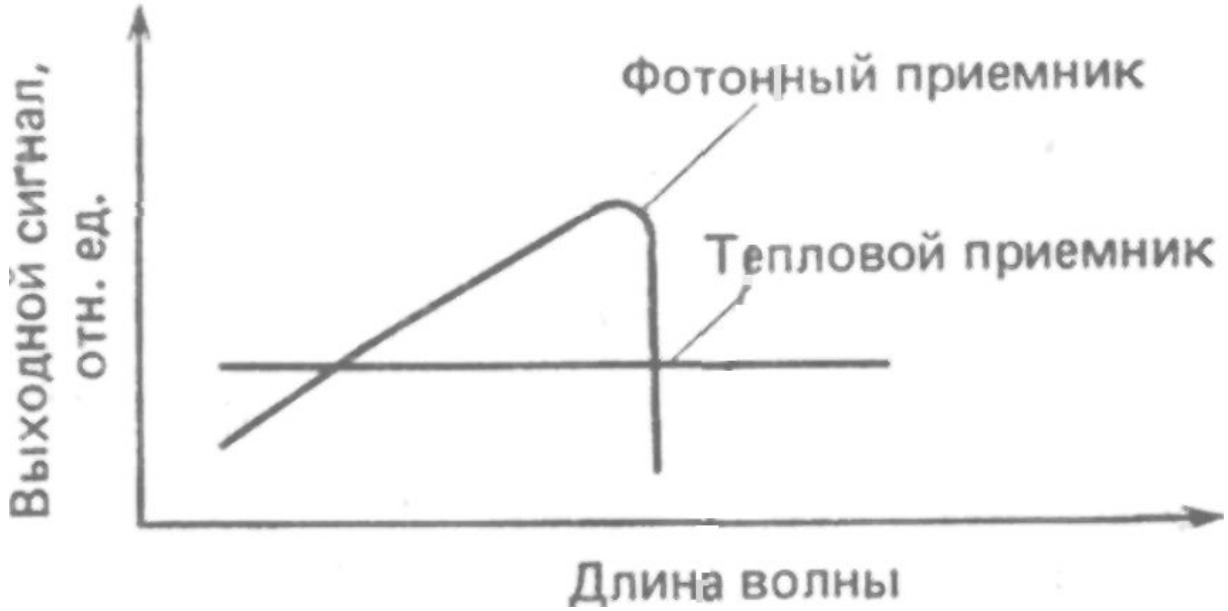
Результирующий шум фотоприемника

Спектр фотоотклика

Необходимо различать два случая:

- ✔ когда относительную спектральную чувствительность определяют, исходя из постоянства числа фотонов в каждом единичном интервале длин волн,
- ✔ и когда ее определяют, исходя из постоянства мощности падающего излучения в каждом единичном интервале.

Спектральные характеристики фоточувствительности идеальных фотонного и теплового приемников



Чувствительность

Под чувствительностью фотоприемника понимают величину фотосигнала на его выходе, приходящуюся на единицу падающей мощности.

На фотоприемник с площадью *A* от АЧТ с температурой *T* падает модулированное с частотой *f* излучение, а напряжение сигнала на его выходе, измеренное на частоте *f*, равно v_S, то чувствительность приемника к излучению этого АЧТ

$$R(T, f) = v_S / P = v_S / HA$$

где *H* – освещенность площадки

Основні характеристики приймачів випромінювання

Питома виявлювальна здатність D* характеризує шумові властивості приймача випромінювання:

$$D^* = \frac{\sqrt{A_D \, \Delta f}}{NEP} \quad \left[\frac{см \cdot \sqrt{Гц}}{Вт} \right]$$

где A_D – площадь фоточувствительного элемента, см^2,

Δf – ширина полосы пропускания измерительного тракта, Гц,

Основні характеристики приймачів випромінювання

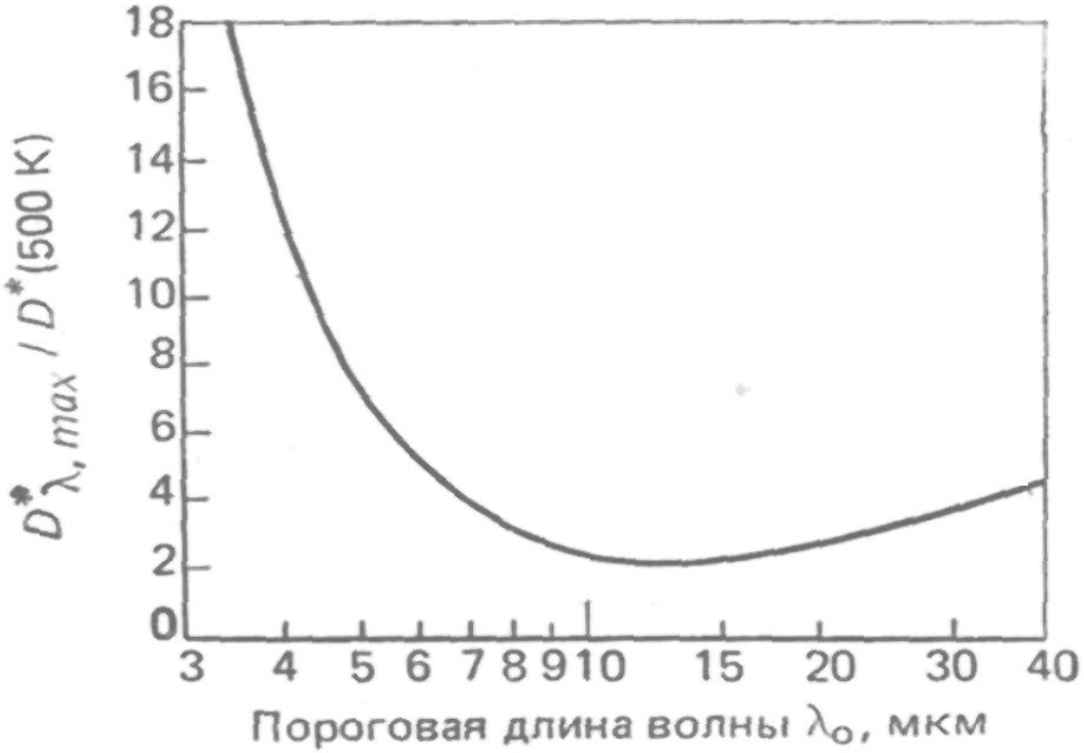
Потужність, еквівалентна шуму $\Phi_{e_{min}}$

NEP (Noise Equivalent Power), або пороговий потік - значення потоку випромінювання, що створює на виході приймача випромінювання сигнал, який дорівнює середньоквадратичному значенню шуму u_n:

$$NEP = \Phi_{e_{min}} = \frac{u_n}{R_D}$$

Параметр *D**

Зависимость отношения от пороговой длины волны идеального фотонного приемника



Типові параметри теплових приймачів випромінювання

Приймач випромінювання	R_D(500 K), В/Вт	D^*(500 K), $10^8 \frac{см\sqrt{Гц}}{Вт}$	t_D, мс	Робоча температура T_D, К
Термістор-болометр	100...500	8	0,6...20	300
Зверхчутливий болометр (Ge)		3000	0,2...1	2,1
Термоелемент	5	15	1,0...100	300
Термостовпчик	200...500	1...20	15...40	300
Піроелектричний модуль	150...1500	3...15	2...40	300

Мощность, эквивалентная мощности шума

мощность, эквивалентной мощности шума – *NEP* (Noise Equivalent Power).

NEP представляет собой мощность излучения сигнала, которая обеспечивает отношение сигнал-шум в фотоприемнике, равное 1, для данных полосы пропускания измерительного тракта, апертуры и площади фоточувствительного элемента.

Мощность, эквивалентная мощности шума

D^* и NEP связаны соотношением:

$$NEP = \left(A_D B\right)^{1/2} \Big/ D^*$$

Аналогично D^*, NEP определяют по отношению к монохроматическому излучению или по отношению к излучению абсолютно черного тела.

Измеряется NEP в ваттах

Обнаружительная способность

Обнаружительная способность определяется как отношение сигнал-шум фотоприемника на единицу падающей мощности и имеет размерность $(\text{Вт})^{-1}$.

Величина, обратная *NEP*.

Обнаружительную способность часто путают с параметром D^*.

Но мы под обнаружительной способностью будем понимать значение отношения сигнал-шум на единицу падающей мощности.

Частотная зависимость, время фотоотклика, постоянная времени

Реакция фотоприемника на модулированный световой сигнал. Зависимость выходного сигнала (фототока или напряжения) от частоты модуляции внешнего излучения:

$$v_S = v_{S_0} \Big/ \left[1 + (2\pi f \tau)^2\right]^{1/2}$$

v_{S_0} напряжение фотосигнала на нулевой частоте

f частота

τ время фотоотклика, которое часто называют постоянной времени фотоприемника.

Спектр шума

Зависимость напряжения шума или шумового тока от частоты называется **спектром шума**.

Поскольку различные типы шумов по-разному зависят от частоты, то по виду спектра можно определить, какой тип шума преобладает в данном фотоприемнике.

Вместе с тем, спектр шума и частотная зависимость фотоотклика (т. е. спектр сигнала) дают возможность вычислить частотную зависимость **отношения сигнал-шум**, т. е. определить, зависимость D^* от частоты.

Режим ограничения флуктуациями сигнала и флуктуациями фонового излучения

режим ограничения фотонным шумом или режим BLIP (Background Limited Infrared Photodetector)

Источником фонового излучения, с которым чаще всего приходится сталкиваться, являются объекты, имеющие комнатную температуру **295 К**:

- ✔ фон излучения Земли,
- ✔ различные объекты на поверхности Земли,
- ✔ детали конструкции фотоприемников