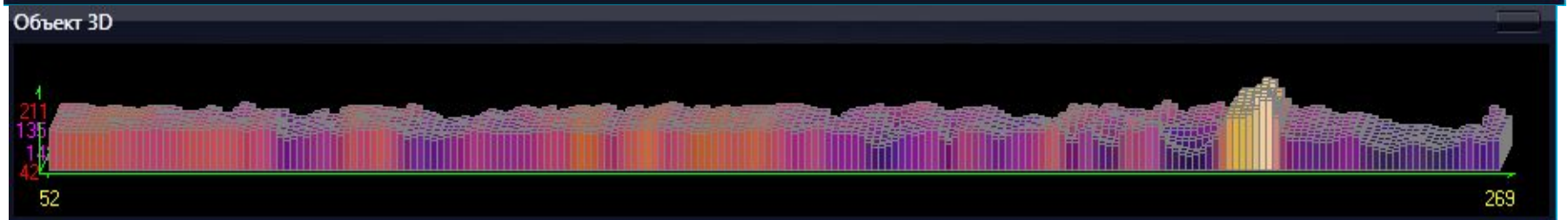
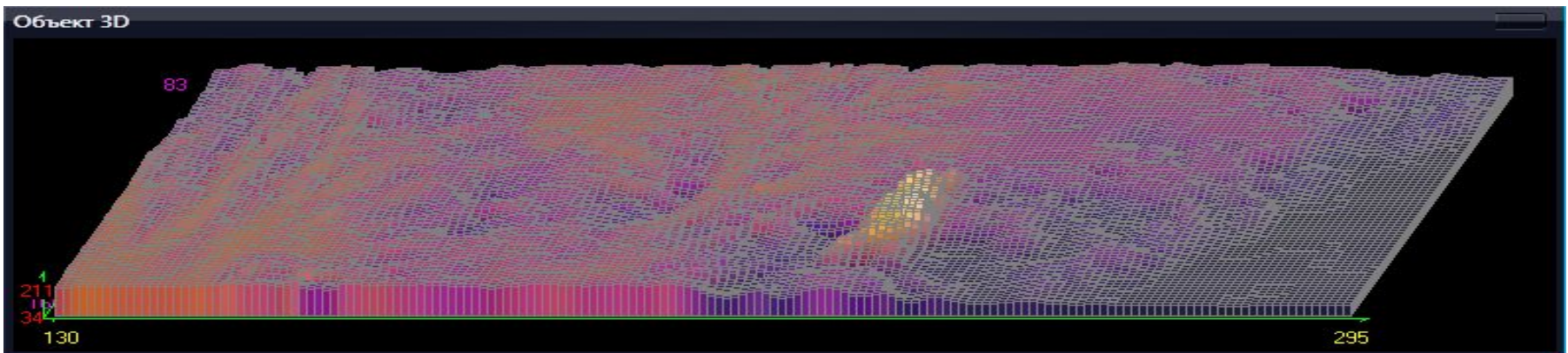
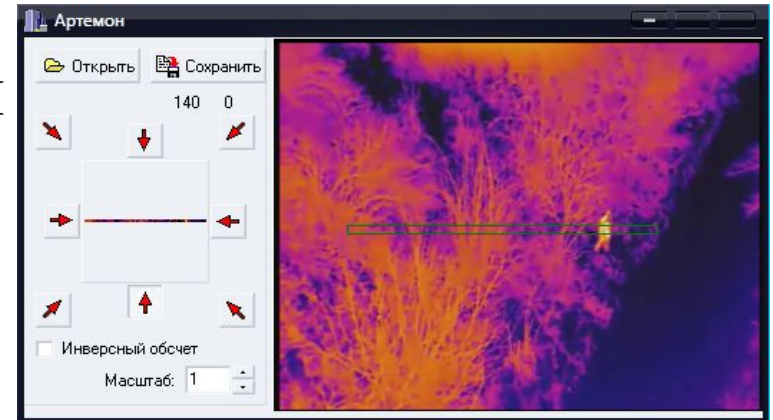


Лекція 5

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
- Токівий шум ($1/f$ -шум)
- Теплові флуктуації
- Шум мерцання (фликкер-ефект)
- Флуктуації зовнішнього фону
- Флуктуації сигналу

Шумы оптико-электронных систем

Шум мерцания (фликкер-эффект).

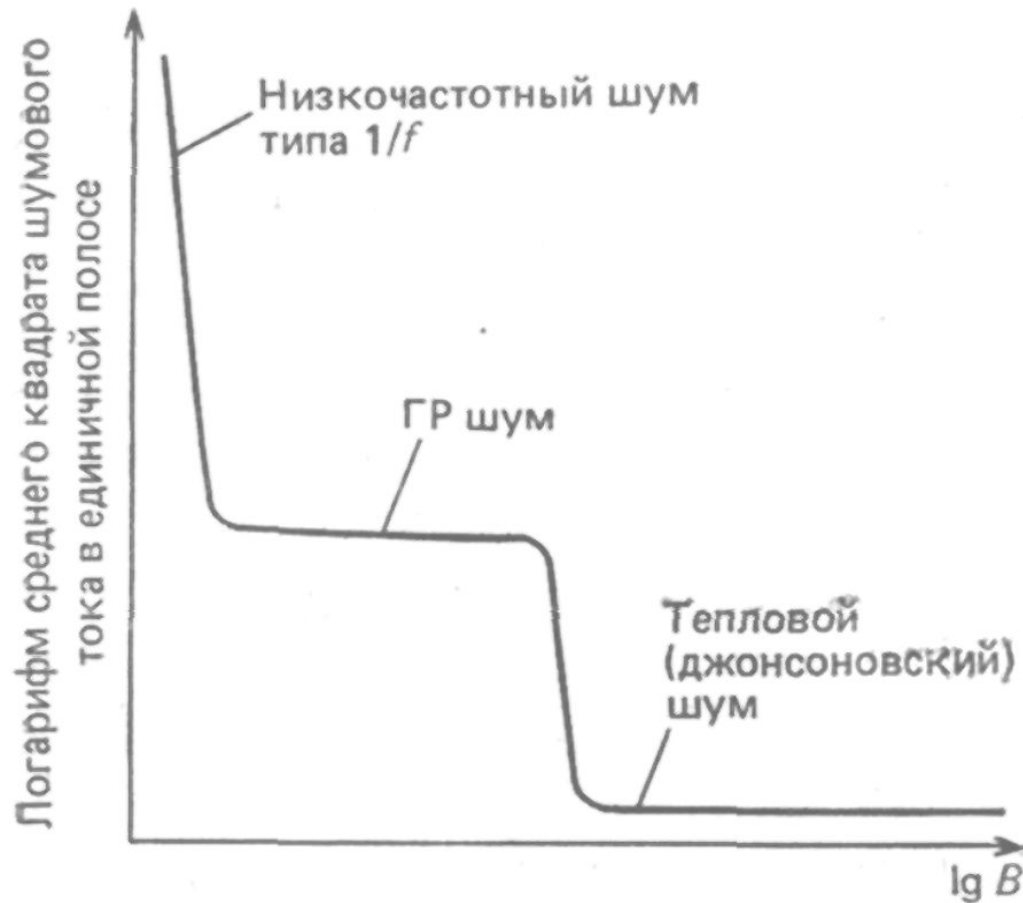
Шум мерцания обусловлен случайными изменениями эмиссии фотокатода. Установлено, что шум мерцания зависит от типа материала и свойств чувствительного слоя.

Флуктуации интенсивности приходящего оптического излучения (эффект «мерцания»)

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

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

Шумы оптико-электронных систем



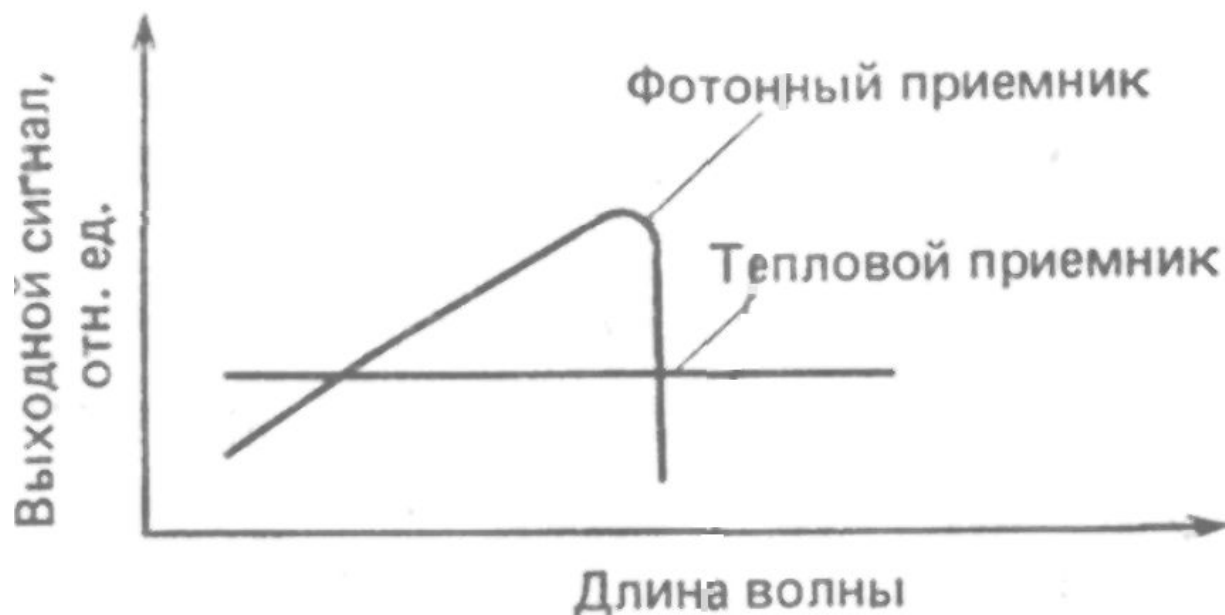
Результирующий шум фотоприемника

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:

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

где A_D – площа фоточувствительного елемента, см^2 ,
 Δf – ширина полоси пропускання измерительного
тракта, Гц,

Основні характеристики приймачів випромінювання

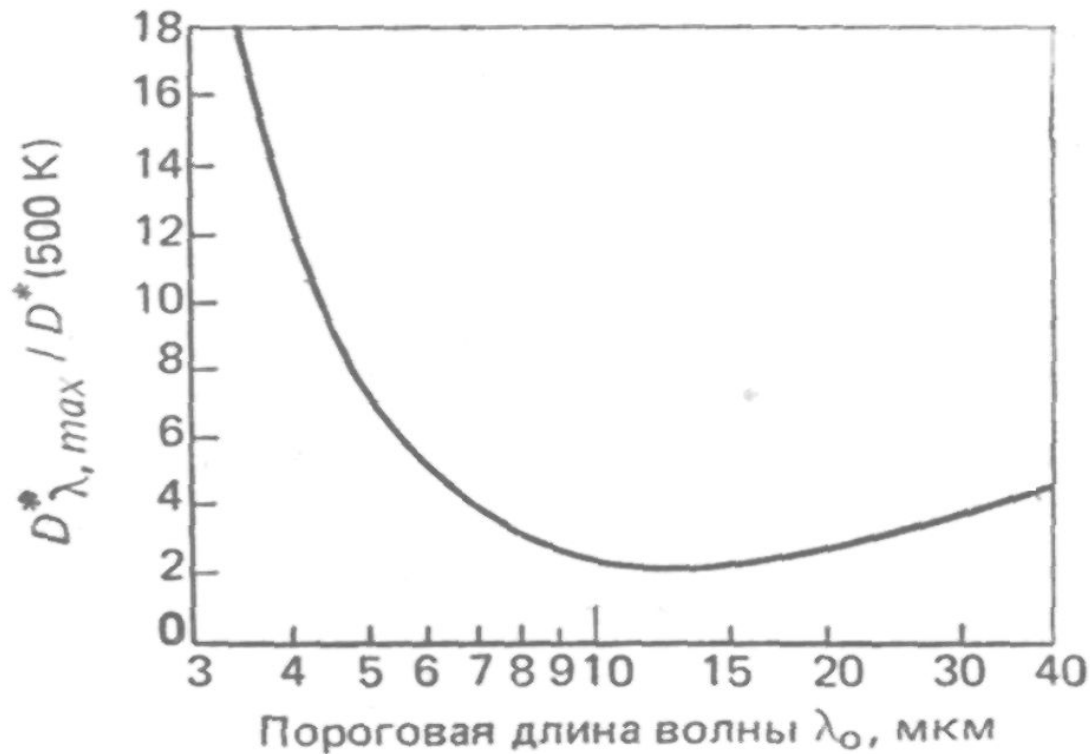
Потужність, еквівалентна шуму $\Phi_{e_{\min}}$

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

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

Параметр D^*

Зависимость отношения от пороговой длины волны идеального фотонного приемника



Типові параметри теплових приймачів випромінювання

| Приймач випромінювання | $R_D(500\text{ K}),$ В/Вт | $D^*(500\text{ K}),$ $10^8 \frac{\text{см}\sqrt{\text{Гц}}}{\text{Вт}}$ | $t_D,$ мс | Робоча температура $T_D,$ К |
|----------------------------|------------------------------|--|-----------|--------------------------------|
| Термістор-болومتر | 100...500 | 8 | 0,6...20 | 300 |
| Зверхчутливий болومتر (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:

$$NEP = (A_D B)^{1/2} / D^*$$

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 $(Вт)^{-1}$.

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:

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

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
VLIP (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