

Лекция 10

Основные сведения о телевидении

Рассматриваемые вопросы

- 1 Основные энергетические и светотехнические величины
- 2 Основные параметры зрительной системы человека
- 3 Основные принципы телевидения

1 Основные энергетические и светотехнические величины

Все параметры, характеризующие состояние энергии оптического излучения (лучистой энергии), могут быть выражены в **светотехнических** или **энергетических** единицах.

Количественно оптическое излучение характеризуют **энергией**, которая им переносится.

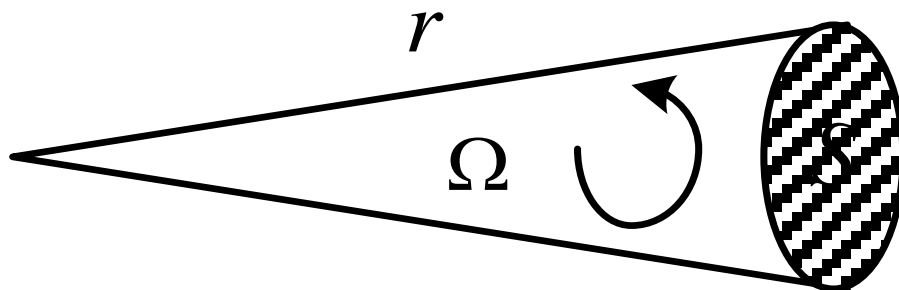
Параметры и характеристики, связанные с переносимой излучением энергией, называют **энергетическими параметрами**.

Основные **энергетические** и **светотехнические** величины, их обозначение, определение и единицы измерения регламентированы системой СИ.

Основные энергетические и светотехнические величины

Параметр		Выражение	Единицы измерения	
энергетический	светотехнический		энергетические	светотехнические
Энергия излучения	Световая энергия	$W = N \cdot h \cdot f$	Дж	Лм · с
Поток излучения (лучистый поток)	Световой поток	$\Phi = \frac{dW}{dt}$	Вт	Лм (люмен)
Сила излучения (энергетическая сила света)	Сила света	$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$	$\frac{Вт}{ср}$	Кд (кандела)
Плотность излучения	Светимость	$R = \frac{d\Phi}{dS}$	$\frac{Вт}{м^2}$	$\frac{Лм}{м^2}$
Энергетическая освещенность (облученность)	Освещенность	$E = \frac{d\Phi}{dS}$	$\frac{Вт}{м^2}$	$\frac{Лм}{м^2} = Лк (Люкс)$
Энергетическая яркость (лучистость)	Яркость	$L = \frac{dI}{dS \cos \varphi}$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot ср}$	$\frac{Кд}{м^2}$

Основные энергетические и светотехнические величины



Телесным углом Ω называют часть пространства, ограниченного конической поверхностью, образуемой множеством прямых линий, проходящих через общую точку — вершину телесного угла, и замкнутым криволинейным контуром.

Единицей измерения телесного угла служит особая величина — **стерадиан** (ср).

Основные энергетические и светотехнические величины

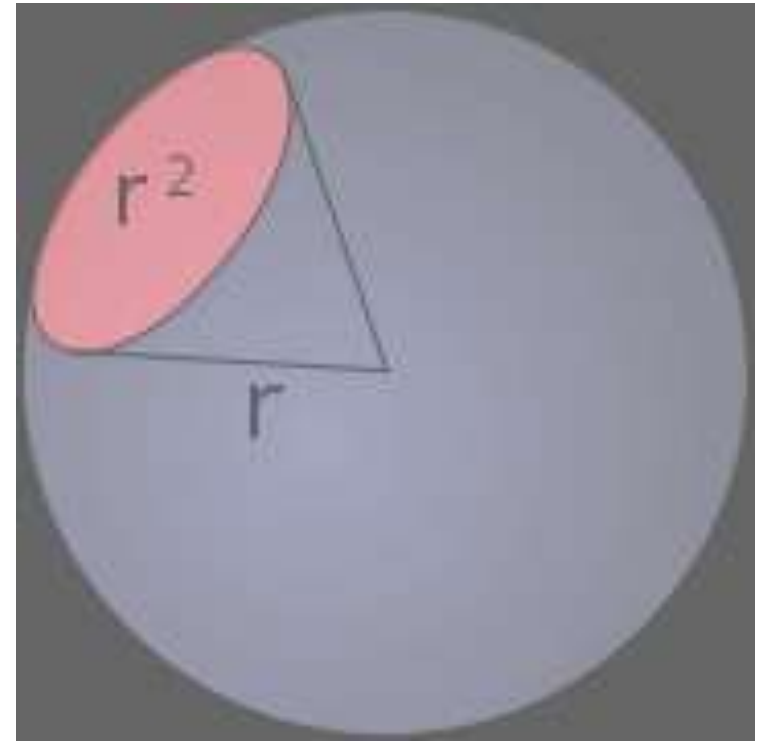
Телесный угол, равный одному **стерадиану**, — это угол, вершина которого расположена в центре сферы, вырезающий на её поверхности площадь, равную квадрату радиуса.

$$\Omega = 1 \text{ ср}, \text{ если } S = r^2$$

Если такой телесный угол имеет вид кругового конуса, то угол его раскрытия составит

$$\Omega = 2 \arccos\left(1 - \frac{1}{2\pi}\right) \approx 1,144 \text{ рад}$$

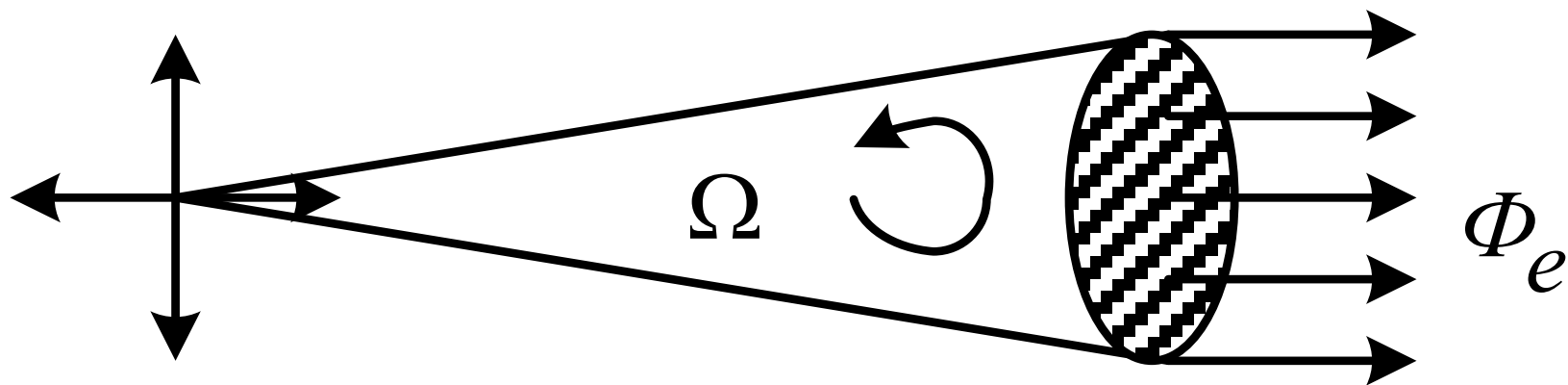
(приблизительно $65,541^\circ$ или $65^\circ 32' 28''$)



Основные энергетические и светотехнические величины

Потоком излучения (лучистым потоком) Φ_e называется отношение переносимой потоком фотонов энергии W ко времени переноса t , т. е. это мощность излучения в заданном телесном угле:

$$\Phi_e = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$



Единицей измерения потока излучения служит *Ватт (Вт)*

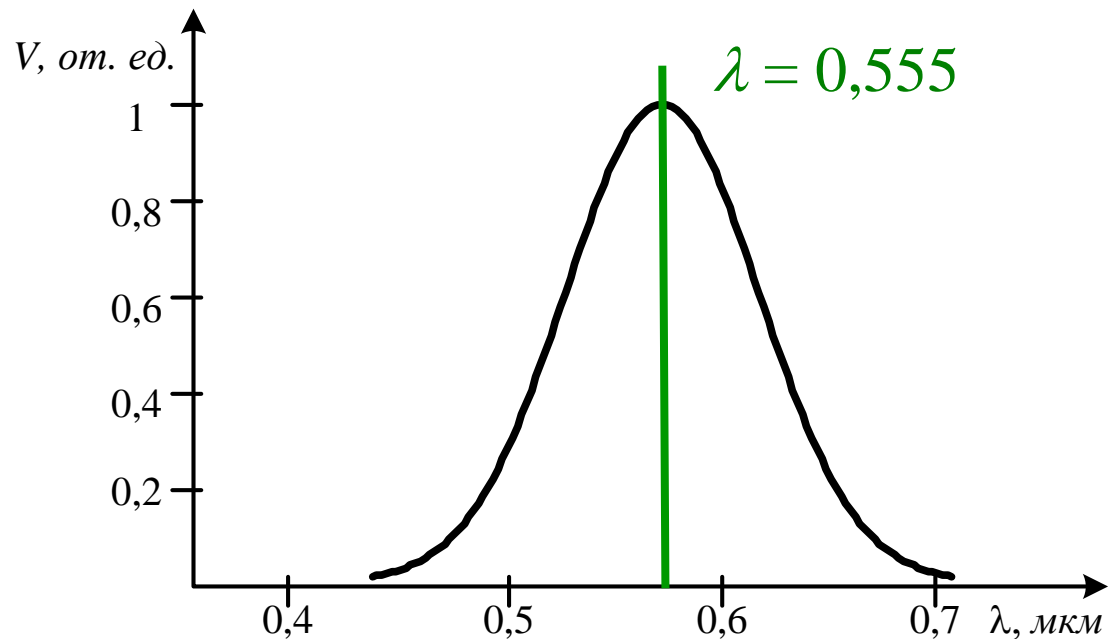
Основные энергетические и светотехнические величины

Под **световым потоком** Φ_V понимают среднюю мощность излучения, оцениваемую по ее воздействию на глаз человека.

$$\Phi_V = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

Единицей измерения светового потока служит *Люмен (Лм)*.

Поток излучения при попадании в человеческий глаз воспринимается избирательно



Основные энергетические и светотехнические величины

Связь между **световым потоком** Φ_V и **потоком излучения** Φ_e

$$\Phi_V = K(\lambda) \cdot \Phi_e = K_{max} \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e,$$

где $K(\lambda)$ – световая эффективность, Лм/Вт ;

K_{max} – максимальная световая эффективность;

$V(\lambda) = K(\lambda) / K_{max}$ – относительная спектральная световая эффективность глаза

Основные энергетические и светотехнические величины

Переход от **энергетических** величин к **фотометрическим** и наоборот можно проводить только в видимой части оптического спектра.

Для нормального дневного зрения на длине волны, соответствующей максимальной чувствительности глаза, поток излучения в **1 Вт** эквивалентен световому потоку в **683 Лм**.

$$K(0,555) = K_{\max} = 683 \frac{\text{Лм}}{\text{Вт}}$$

Для белого цвета с равномерным распределением энергии в видимой части спектра **1 Вт** дает световой поток $\Phi_v = 220 \text{ Лм}$.

Для других длин волн $K(\lambda)$ задаются в виде графика или таблицы.

Основные энергетические и светотехнические величины

Единицей измерения **силы излучения** служит **Вт/ср**, а единицей измерения **силы света** – **Кандела (Кд)** или **Лм/ср**.

В системе СИ **Кандела** определяется с помощью специального эталонного источника света и является основной единицей.

По **Канделе** определяется единица светового потока:

1 **люмен** – световой поток, создаваемый точечным источником света силой в 1 **кд** в пределах телесного угла в 1 **ср**.

Если источник излучения нельзя считать точечным, то для его описания вводятся такие параметры, как **светимость** и **яркость**.

Основные энергетические и светотехнические величины

Плотность излучения (**светимость**) равна отношению потока излучения (светового потока), излучаемого светящейся площадкой во всевозможных направлениях, к её площади:

$$R_{e,v} = \frac{\Delta\Phi_{e,v}}{\Delta S} = \frac{d\Phi_{e,v}}{dS}$$

Единицей измерения **плотности излучения** является **Вт/м²**, а единицей измерения **светимости** – **лм/м²**

Основные энергетические и светотехнические величины

Энергетическая освещённость (**освещённость**) некоторой поверхности равна отношению потока излучения, падающего на поверхность, к площади этой поверхности:

Единицей измерения энергетической освещенности служит **Вт/м²**, а единицей освещенности – **Люкс (Лк)**.

$$E_{e,v} = \frac{\Delta\Phi_{e,v}}{\Delta S} = \frac{d\Phi_{e,v}}{dS}$$

Освещенность в 1 Лк создается световым потоком в 1 Лм на площадь в 1 м²; 1 Лк = 1 Лм/1 м².

Освещенность создаваемая:

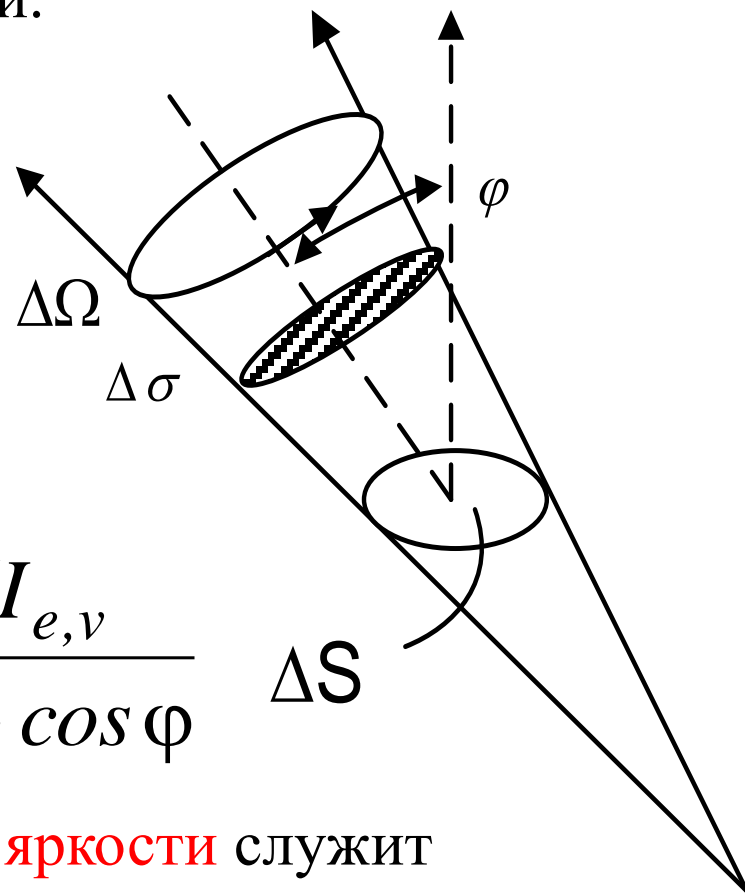
- ночным небом без Луны – 0,0003 Лк;
- Луной – 0,2 Лк; экрана в кинотеатре 20 – 80 Лк;
- необходимая для чтения – 30–50 Лк;
- солнечными лучами в полдень – более 100000 Лк.

Основные энергетические и светотехнические величины

Энергетическая яркость (яркость) характеризует излучение поверхности в заданном направлении.

Она равна отношению силы излучения внутри элементарного телесного угла, опирающегося на площадку, к площади проекции этой площадки на плоскость, перпендикулярную направлению излучения.

$$L_{e,v} = \frac{\Delta I_{e,v}}{\Delta \sigma} = \frac{dI_{e,v}}{dS \cdot \cos \varphi}$$



Единицей измерения **энергетической яркости** служит **Вт/ср·м²**, а единицей измерения **яркости** – **Кд/м²**

2 Основные параметры зрительной системы человека

Человек воспринимает световое излучение зрительной системой, состоящей из:

- органа зрения — глаза;
- нервной системы;
- зрительного центра коры головного мозга.

Зрительная система может быть описана целым рядом параметров, характеризующих восприятие изображения:

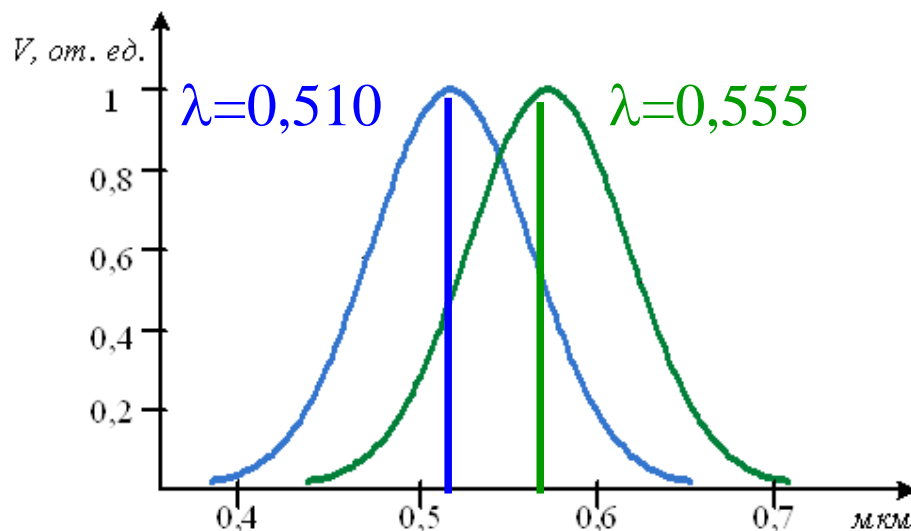
- световая чувствительность глаза;
 - зависимость чувствительности глаза от длины волны электромагнитного излучения;
 - пространственный угол ясного зрения;
 - разрешающую способность зрительной системы;
 - критическую частоту мельканий источника света;
- относительный разностный порог раздражения;
- диапазон яркостей, воспринимаемых глазом;
 - минимальное время распознавания образа объекта.

Основные параметры зрительной системы человека

Световая чувствительность глаза V — величина, обратная яркости светового пятна, которая обнаруживается глазом на черном фоне. Световая чувствительность глаза зависит от длины волны светового электромагнитного колебания.

Диапазон длин волн, которые воспринимаются человеком как световое излучение, лежит в пределах нм.

Внутри этого диапазона воздействие электромагнитного излучения на глаз неодинаково и характеризуется кривой видности — нормированная зависимость чувствительности глаза от λ .



Основные параметры зрительной системы человека

Пространственный угол ясного зрения — угол, из которого в глаз поступает основная зрительная информация, характеризующийся:

- размером в горизонтальной плоскости $\beta_{\text{я}} = 15^\circ$,
- размером в вертикальной плоскости $\alpha_{\text{я}} = 11^\circ$.

В целом поле зрения человека достаточно велико и составляет порядка 120° в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Разрешающая способность зрительной системы (острота зрения) — наименьшее угловое расстояние между двумя рядом расположенными светящимися точками, при котором наблюдатель видит эти точки отдельно.

Для «стандартного» глаза разрешающая способность составляет $\delta = 1'$.

Основные параметры зрительной системы человека

Пространственный угол ясного зрения — угол, из которого в глаз поступает основная зрительная информация, характеризующийся:

- размером в горизонтальной плоскости $\beta_{\text{я}} = 15^\circ$,
- размером в вертикальной плоскости $\alpha_{\text{я}} = 11^\circ$.

В целом поле зрения человека достаточно велико и составляет порядка 120° в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Разрешающая способность зрительной системы (острота зрения) — наименьшее угловое расстояние между двумя рядом расположенными светящимися точками, при котором наблюдатель видит эти точки отдельно.

Для «стандартного» глаза разрешающая способность составляет $\delta = 1'$.

Основные параметры зрительной системы человека

Зрение человека инерционно: это проявляется в том, что при прекращении действия светового потока глаз как бы продолжает «видеть» источник, кажущаяся яркость которого быстро убывает. В силу инерционных свойств зрения периодическая последовательность световых импульсов может восприниматься как непрерывное излучение. Наименьшая частота повторения импульсных возбуждений глаза, при которой человек перестает замечать импульсный характер светового излучения и воспринимает его как непрерывное, называется **критической частотой мельканий** $f_{кр}$.

Критическая частота мельканий яркости источника зависит от: средней яркости поля наблюдения, размеров мелькающего участка.

Для яркостей дисплеев (экранов) $f_{кр} = 48 \text{ Гц}$.

Основные параметры зрительной системы человека

Важнейшей характеристикой зрения является восприятие яркости. На практике приходится различать отдельные детали яркостью (L) на некотором фоне (L_0).

При этом глаз замечает изменение яркости $\Delta L = L - L_0$, если величина отношения $\Delta L/L_0$ превышает некий порог.

Относительным разностным порогом раздражения называется минимальная величина $\Delta L/L_0$, которая может быть зафиксирована глазом. Эта величина в общем случае зависит от яркости фона.

Однако для яркостей изображения на ТВ-экране (от десятых долей до 10^2 кд/м^2) ее можно считать постоянной и равной 0,05.

Диапазон яркостей, воспринимаемый человеческим глазом, характеризуется величинами от 10^{-5} кд/м^2 до 10^4 кд/м^2 .

3 Основные принципы телевидения

Телевидением называется область современной радиоэлектроники, которая занимается передачей изображения предметов на расстояние.

В основе **телевидения** лежат два принципа:

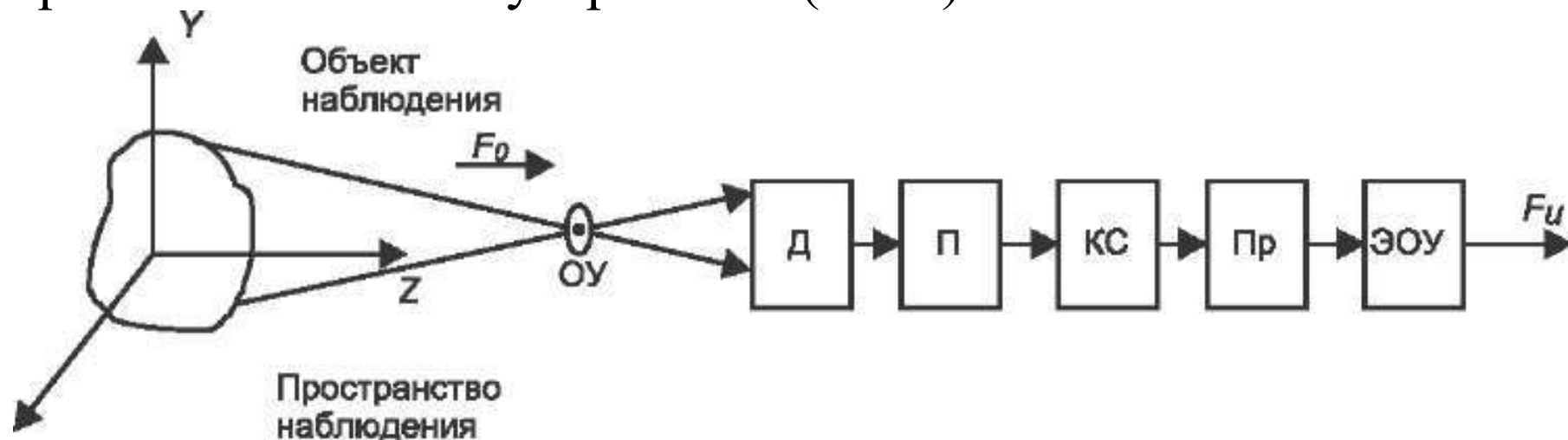
- разбиение плоского изображения на (с помощью датчика телевизионного сигнала на элементы (пространственная дискретизация);
- последовательная во времени передачи яркости и цвета каждого из элементов изображения каналу связи (развертка изображения).

Телевизионная система (ТВ-система) в общем случае состоит из комплекта аппаратуры, обеспечивающей:

- преобразование изображения в электрический сигнал;
- передачу электрического сигнала в пункт приема;
- восстановление изображения из электрического сигнала.

Основные принципы телевидения

Обобщенная схема ТВ-системы включает в себя оптическое устройство (ОУ), датчик ТВ-сигнала (Д), передатчик (П), канал связи (КС), приемник (Пр), электронно-оптическое устройство (ЭОУ).



На вход ТВ-системы поступает световой поток F_0 из пространства наблюдения, на выходе системы образуется световой поток F_u от ТВ-изображения на экране электронно-оптического устройства.

Основные принципы телевидения

Оптическое устройство предназначено для преобразования светового излучения из трехмерного пространства наблюдения в плоское (двумерное) оптическое изображение на экране датчика **ТВ-системы**.

Датчик ТВ-сигнала преобразует двумерное оптическое изображение в **ТВ-сигнал** изображения.

Передатчик трансформирует **ТВ-сигнал** к виду, позволяющему передать его по каналу связи.

Канал связи передает сигналы с выхода передатчика на вход приемника.

Приемник усиливает принятые сигналы и преобразует их к виду, необходимому для работы электронно-оптического устройства.

Электронно-оптическое устройство преобразует электрические сигналы в оптическое изображение.

Основные принципы телевидения

Оптическое изображение на экранах преобразователей **ТВ-системы** (датчика и электронно-оптического устройства) может быть представлено в виде множества **элементов разложения изображения**, яркость и цвет которых можно считать постоянными в пределах границ элементов.

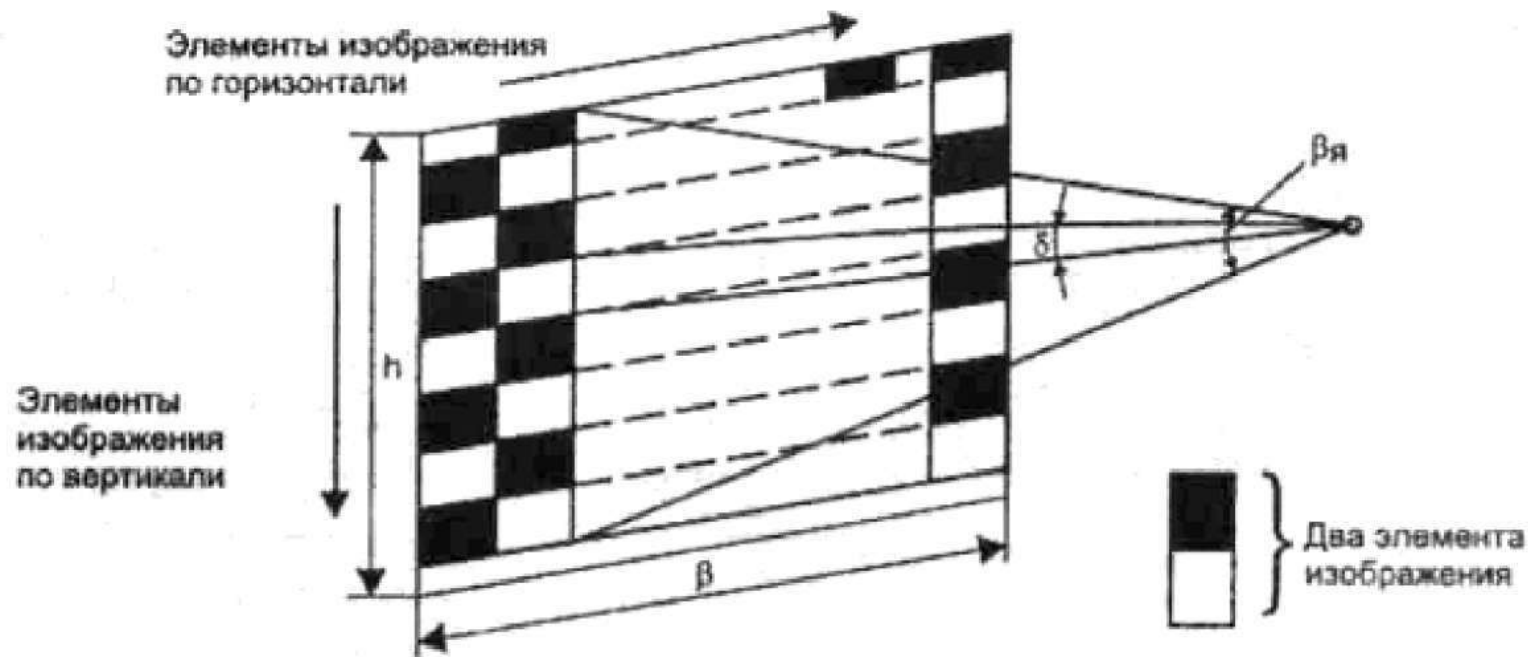
Разверткой изображения называется процесс поочередной передачи во времени информации о яркости и цвете элементов разложения изображения.

Развертка изображения осуществляется с помощью **развертывающего элемента**, которым может быть электронный луч, лазерный луч, отверстие в диафрагме или программно реализованный алгоритм считывания.

При перемещении **развертывающего элемента** относительно элементов разложения изображения на выходе **датчика ТВ-сигнала** формируется электрический сигнал.

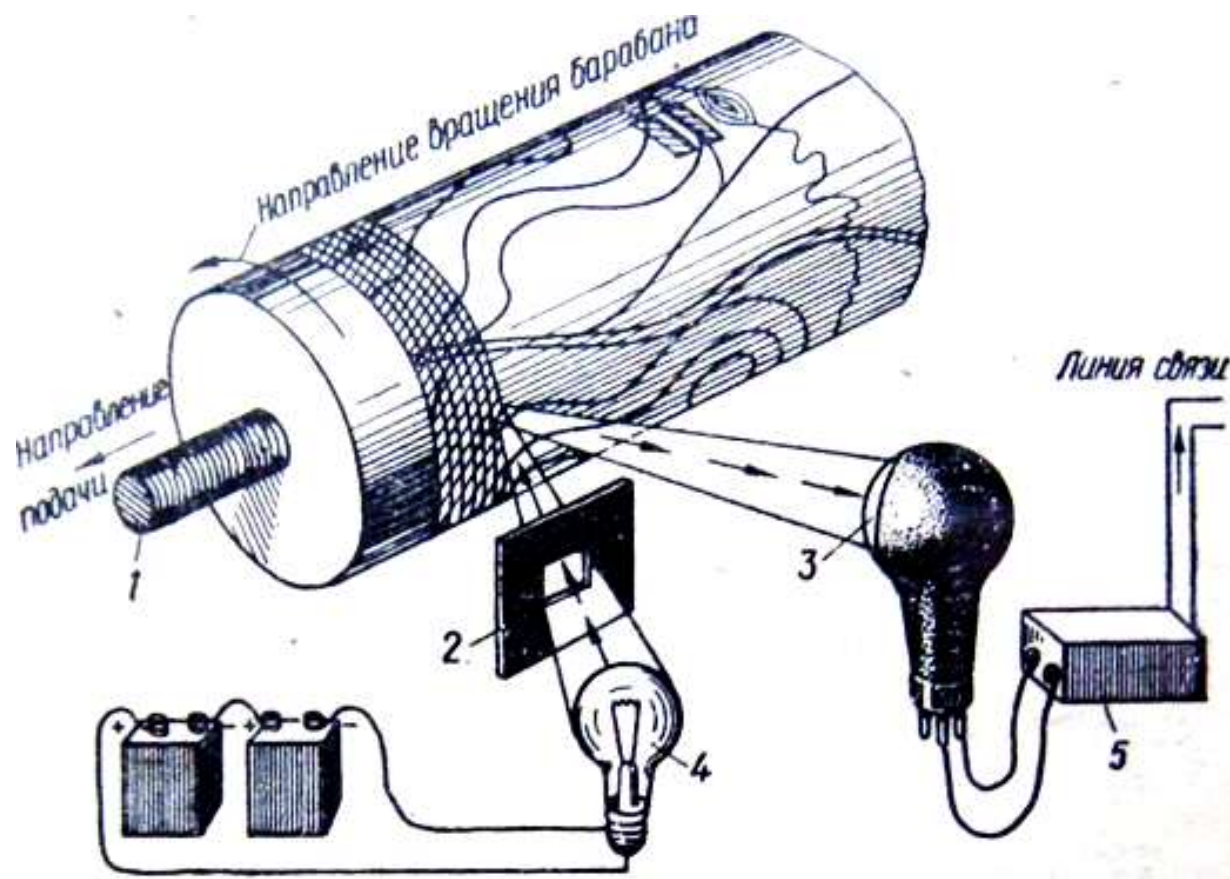
Основные принципы телевидения

Мгновенное значение сигнала пропорционально яркости элемента изображения, на который в данный момент времени направлен развертывающий элемент.



Тип разверток на приемной и передающей сторонах **ТВ-системы** должен быть одинаков, развертки должны быть синхронными и синфазными.

Основные принципы телевидения



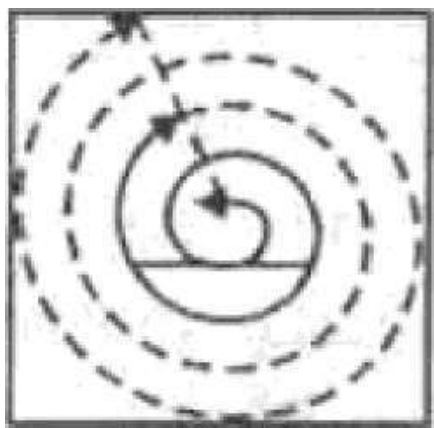
Устройство фототелеграфного передатчика:

1 — винт подачи; 2 — диафрагма; 3 — фотоэлемент;
4 — осветитель; 5 — усилитель

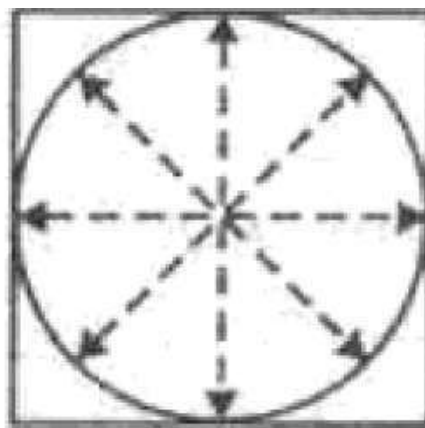
Основные принципы телевидения

Развертка может осуществляться по различным законам.

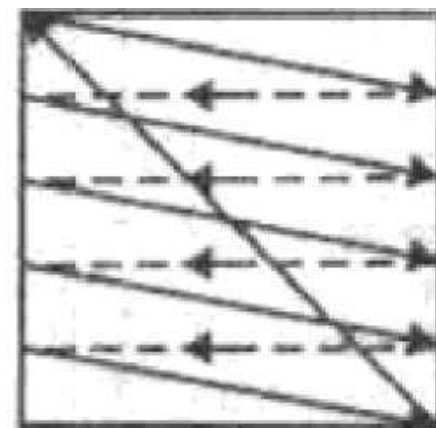
В технике используют: спиральную развертку, радиальную, линейно-строчную и другие типы разверток.



а) спиральная



б) радиальная

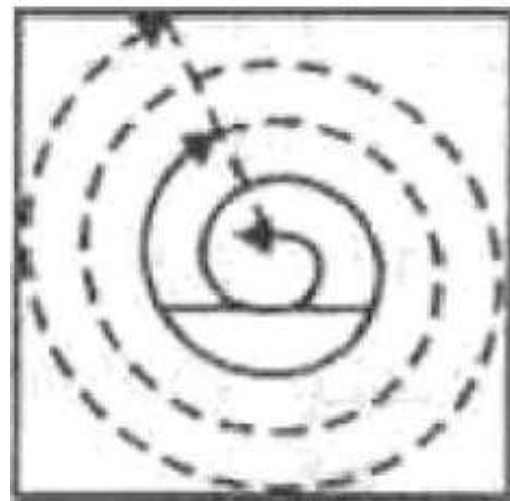


в) линейно-строчная

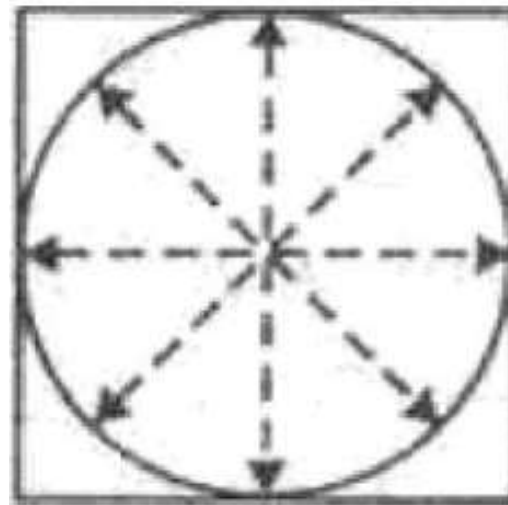
Траектории движения развертывающего элемента
при различных типах развертки

Основные принципы телевидения

При спиральной развертке траектория движения РЭ представляет собой спираль. Как только РЭ достигает края экрана, он быстро возвращается в его центр и процесс повторяется вновь.

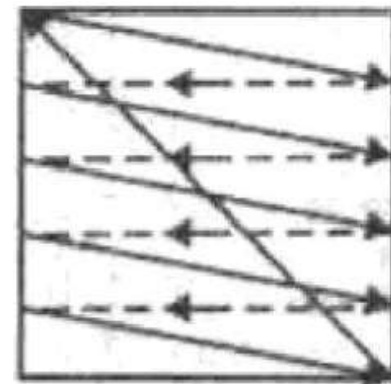


При радиальной развертке РЭ передвигается от центра экрана по радиусу, который вращается с малой угловой скоростью. По достижении края экрана РЭ быстро сдвигается в центр.



Основные принципы телевидения

При **линейно-строчной развертке** развертывающий элемент перемещается от одного края экрана (например, левого) к другому с постоянной горизонтальной скоростью и одновременно с этим смещается сверху вниз с гораздо меньшей вертикальной постоянной скоростью.



Такое перемещение называется **прямым ходом строчной развертки**. Достигнув правого края экрана, развертывающий элемент быстро возвращается к левому краю (**обратный ход строчной развертки**). С нижнего края экрана, РЭ возвращается на верхний край (**обратный ход кадровой развертки**).

В телевидении наибольшее распространение получили **линейно-строчные развертки**.

Основные принципы телевидения

При **линейно-строчной развертке** след, образуемый на поверхности экрана электронно-оптического преобразователя при перемещении РЭ от левого края экрана к правому, называется **строкой**.

Совокупность видимых сток на экране называется **растром**.

Полный цикл обхода всего экрана РЭ называется **кадром**.

Время, за которое РЭ совершает обход всего экрана и возвращается в исходное положение, называется **периодом кадровой развертки**.

Время, за которое РЭ проходит строку и возвращается к левому краю экрана, называется **периодом строчной развертки**.

Время, затрачиваемое на прямой ход развертки по строке, называется **длительностью активной части строки**.

Основные принципы телевидения

К параметрам линейно-строчной развертки относятся: **формат кадра**, **количество строк**, **частота кадров**, **частота строк**.

Формат кадра k — отношение горизонтального размера раstra (v) к вертикальному (h), $k = v/h$.

Раньше считалось, что размеры кадра должны соответствовать углу ясного зрения, поэтому

$$k = v/h = \alpha_{\text{я}}/\beta_{\text{я}} = 15^\circ/11^\circ \approx 4 : 3.$$

Количество строк z — определяется количеством элементов развертки изображения по вертикали $z = N_{\text{в}}$. Стандартом ТВ-вещания в России выбрано $z = 625$.

Частота кадров $F_{\text{к}}$ зависит от ее вида — линейно-строчные развертки бывают двух видов: **построчная** и **чересстрочная**.

Основные принципы телевидения

Построчная развертка – при которой все строки раstra просматриваются последовательно одна за другой, начиная с первой строки. Частота кадров при такой развертке выбирается исходя из условия отсутствия мерцания яркости изображения, т. е. $F_k > f_{кр}$. Стандартом принято $F_k = 50 \text{ Гц}$.

Выбор такой частоты кадров приводит к следующим особенностям построчной развертки.

Во-первых, возникает избыточность количества кадров при воспроизведении изображения движущихся объектов. В силу инерционности зрения эффект плавного перемещения предмета в пространстве может быть достигнут, если передавать 16...24 отдельных его мгновенных положений (фаз) в одну секунду одним кадром.

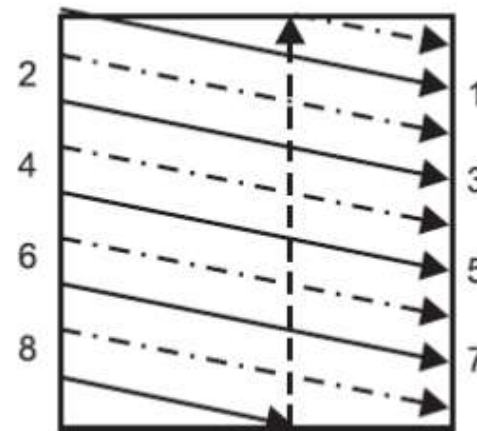
Во-вторых, для передачи сигнала изображения требуется сравнительно большая полоса частоты.

Основные принципы телевидения

Уменьшить полосу частот, отводимую для передачи сигнала изображения и устранить избыточность числа кадров удастся путем применения **чересстрочной (прогрессивной) развертки**, широко применяемой в вещательном ТВ.

Сущность этой развертки заключается в том, что полный кадр передается и воспроизводится в два этапа (поля).

В первом поле развертывают нечетные строки раstra, во втором – четные: количество строк в каждом поле оказывается в два раза меньше по сравнению с числом строк в кадре. Общее количество строк в кадре принято $z = 625$, в каждом поле число строк оказывается равным 312,5. Время развертки каждого поля $T_{\Pi} = 1/50$ с.



Основные принципы телевидения

Поэтому полный цикл обхода всего экрана (период кадра) составит $T_k = 2T_{\Pi} = 1/25$ с, тем самым устраняется избыточность кадров при воспроизведении движения объектов.

С другой стороны, поскольку за время $T_{\Pi} = 1/50$ с РЭ при чересстрочной развертке пробегает вдвое меньше число строк, чем при построчной развертке, время развертывания одного элемента изображения оказывается вдвое большим.

Частота строк. Период строки при чересстрочной развертке может быть вычислен $T_c = T_{\Pi}/n_{\Pi}$, где $T_{\Pi} = 2 \cdot 10^{-2}$ с - период повторения полей; $n_{\Pi} = 312,5$ - количество строк в одном поле.

Частота строк при чересстрочной развертке будет равна

$$F_c = 1/T_c = 15625 \text{ Гц}.$$

Литература

В. И. Лузин и др.

Основы телевизионной техники: Учеб. пособие. — М.: СОЛОН-Пресс, 2009. — 432 с.: ил. — (Серия «Библиотека студента»).