

# Пропускная способность ТВ

Канал ЦТВ	$\Pi$ (МГц)	Вид модуляции	$C_{уд} \left( \frac{\text{бит}}{\text{с} \cdot \text{Гц}} \right)$	Пропускная способность канала ЦТВ $C_{уд} \cdot \Pi \left( \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \right)$
Спутниковый	27	4-QAM	2	54
Наземный	7,61	COFDM (16-QAM)	2,84	21,6
Кабельный	9	64-QAM	6	54

# Параметры ТВ сигналов

Параметры	Стандартное ТВ	Телевидение высокой четкости ТВЧ
Регламентирующий документ	Рекомендация <i>ITU-R</i> BT.601	Рекомендация <i>ITU-R</i> BT.709
Разрешение (матрица отсчетов)	576×720	1080×1920
Формат цветовой дискретизации	4 : 2 : 2	4 : 2 : 2
Частота дискретизации сигнала яркости $Y$	13,5 МГц	74,25 МГц
Частота дискретизации цветоразностных сигналов и	6,75 МГц	37,125 МГц
Формат кадра	4 : 3	19 : 9
Скорость цифрового потока при кодировании 10 бит/отсчёт	270 Мбит/с	1485 Мбит/с

# Значения E для трех уровней стандарта MPEG-2

Уровень <i>MPEG-2</i>	Высокий (ТВЧ)	Основной (B/G; D/K)	Низкий (CIF)
Разрешение (матрица отсчетов)	1080×1920	576×720	281×352
Формат цветовой дискретизации	4 : 2 : 2	4 : 2 : 2	4 : 2 : 0
Разрядность кода <i>n</i>	10	10	8
Битовая скорость на входе кодера	1485	270	80
Битовая скорость на выходе кодера (Мбит/с)	≤ 80	≤ 15	≤ 4
E (не менее)	≥ 18,56	≥ 18	≥ 20

# Типы ДКП

- Матрицы для первых четырёх типов ДКП [1]:

$$\text{DCT-1}_n = \left[ \cos kl \frac{\pi}{n-1} \right]_{0 \leq k, l < n}$$

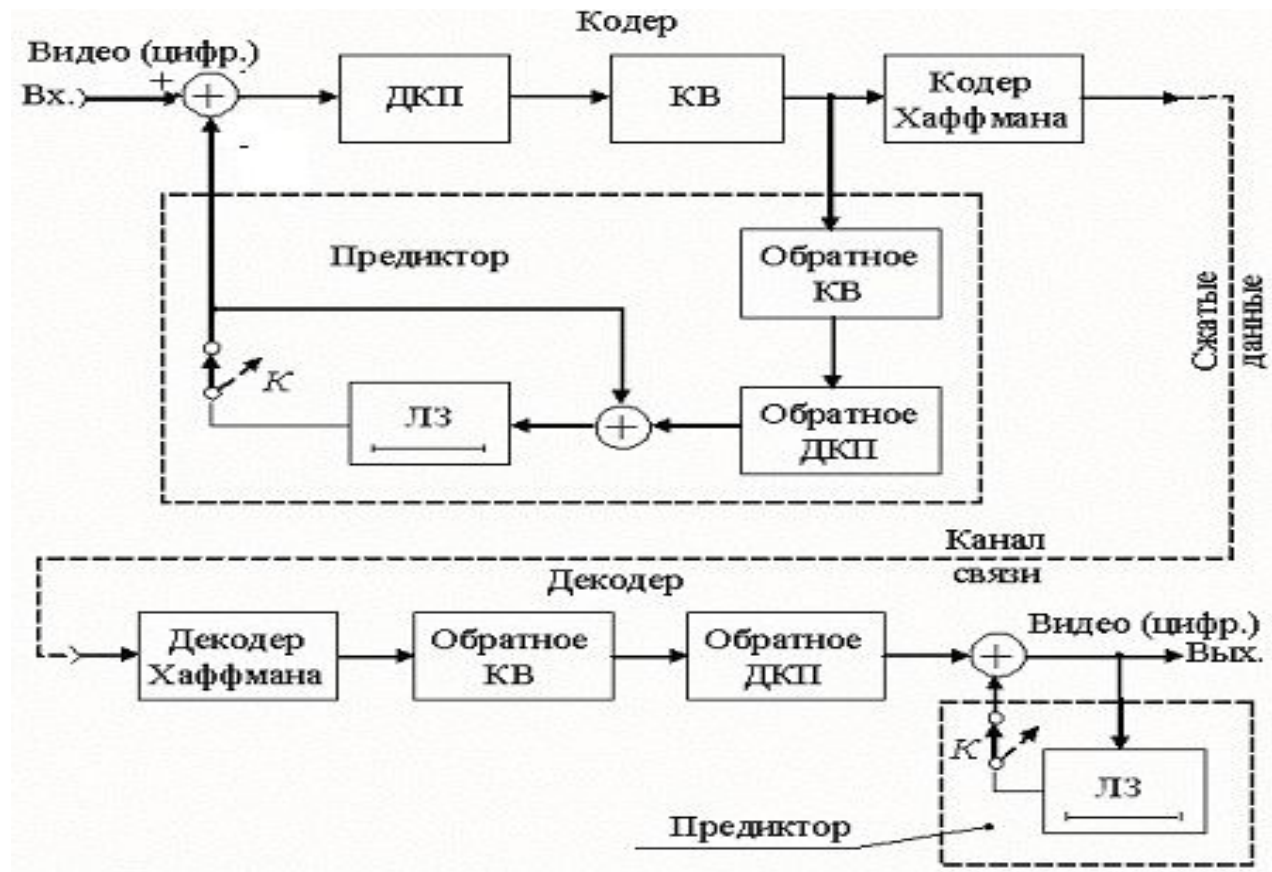
$$\text{DCT-2}_n = \left[ \cos k \left( l + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n} \right]_{0 \leq k, l < n}$$

$$\text{DCT-3}_n = \left[ \cos \left( k + \frac{1}{2} \right) l \frac{\pi}{n} \right]_{0 \leq k, l < n}$$

$$\text{DCT-4}_n = \left[ \cos \left( k + \frac{1}{2} \right) \left( l + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n} \right]_{0 \leq k, l < n}$$

# Видеокодер/декодер MPEG-2

- Схема алгоритма работы видеокодера/декодера *MPEG-2*



# Видеокодер/декодер MPEG-2

- Для блока 8x8 пикселей ДКП определяется выражением:

- (1) 
$$F(u, v) = \frac{1}{4} \cdot C(u) \cdot C(v) \times$$
$$\times \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cdot \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right] \cdot \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right];$$
$$C(u), C(v) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & \text{при } u, v = 0; \\ 1 & \text{при } u, v \neq 0; \end{cases}$$

# Видеокодер/декодер MPEG-2

где  $f(x, y)$  – блок данных на входе процессора ДКП;

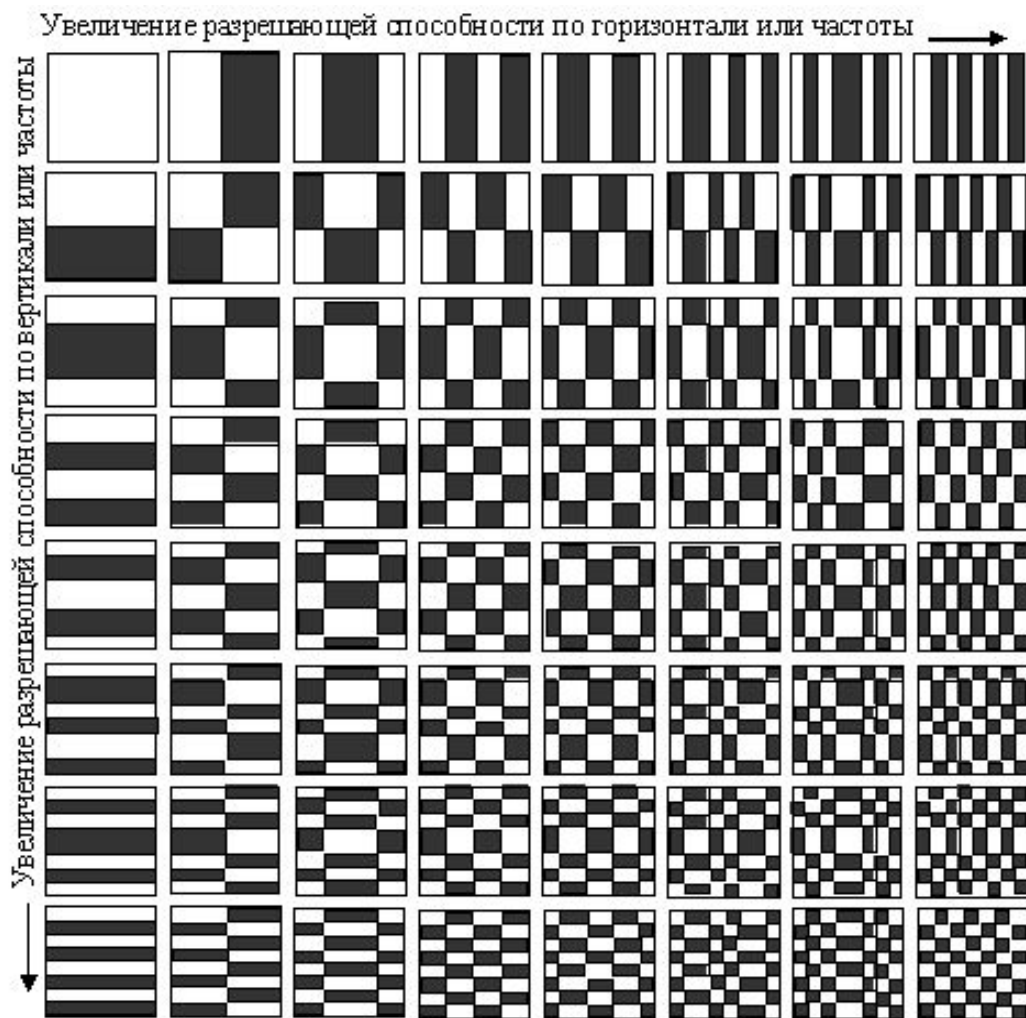
$x, y$  – номера столбцов и строк в блоке;

$F(u, v)$  – блок данных на выходе процессора ДКП;

$u, v$  – номера столбцов и строк в блоке данных;

номера  $x, y, u, v$  изменяются от 0 до 7.

# Набор стандартных изображений





# Обратное квантование и ДКП

- Обратное квантование производится по формулам, обратным выражению (2):

$$\left. \begin{aligned} F(u, v) &= F'(u, v) \cdot M(u, v) \cdot m; \\ F(0, 0) &= F'(0, 0) \cdot M(0, 0). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

- Обратное ДКП вычисляется по формуле, обратной выражению (1):

$$\left. \begin{aligned} f(x, y) &= \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u, v) \times \\ &\times \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cdot \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

# Кодирование блока ДКП

- Блок дискретно-косинусного преобразования (ДКП)



# Зигзаг-сканирование блока ДКП

- 1. В результате зигзаг – сканирования коэффициенты ДКП выстраиваются в ряд в направлении сканирования, образуя, 64-элементный вектор:
  - 
  - 39, 2, -4, -2, -3, -1, -2, -2, -3, 0, 0, 0, 0, 1 E.
- Далее следуют нули, которые можно не передавать по каналу связи, введя за последним отличным от нуля коэффициентом ДКП специальный код *E* (*end of block* – конец блока).
- Длина «укороченного» кода равна 14.

# Нормировка коэффициентов

- 2. Нормируем все значения относительно  $m = 5$  (кроме первого значения) и округлим полученные значения:
- 39, 0, -1, 0, -1, 0, 0, 0, -1 Е.
- Коэффициент сжатия равен

$$K_{\text{нцс}} = \frac{64}{9} \approx 7,11.$$

# Групповое кодирование

- 3. Произведем групповое кодирование (*RLE*) «укороченного» вектора.
- Существует несколько вариантов алгоритма *RLE*. В частности, **вектор свертывается в байтовые пары типа  $(a, b)$** , где первым байтом передается число,  $a$  пропускаемых нулей, а вторым байтом – значение  $b$  очередного ненулевого коэффициента ДКП.
- Для рассматриваемого примера «укороченный» вектор принимает вид:
- **$(0, 39); (1, -1); (1, -1); (3, -1); E$ .**

# Определение частоты встречаемости

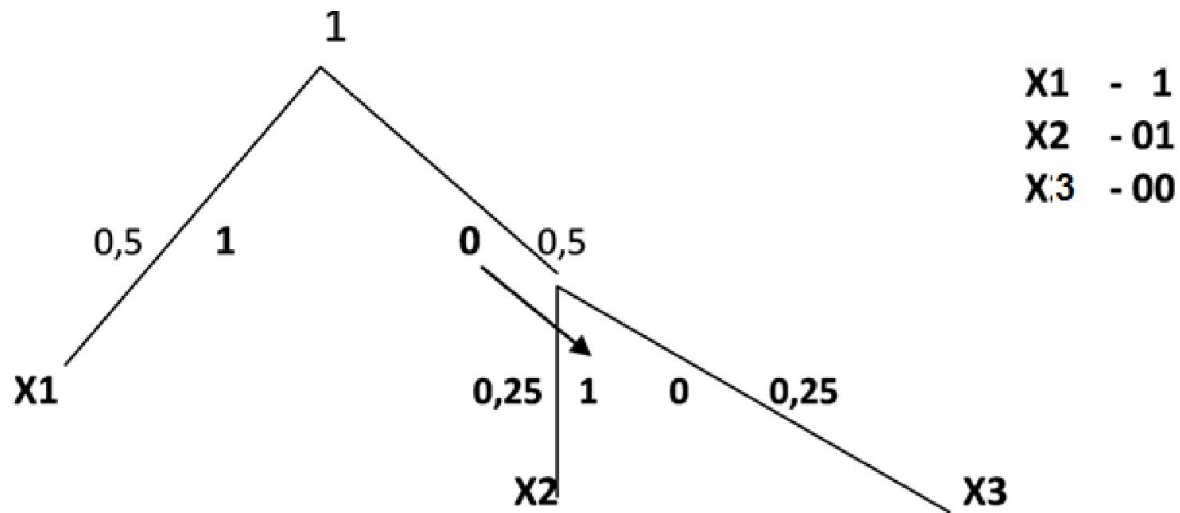
- 4. Определим для каждой байтовой пары частоту встречаемости

Значение	Байтовая пара	Количество	Вероятность
X1	(1,-1)	2	0,5
X2	(0,39)	1	0,25
X3	(3,-1)	1	0,25

# Дерево кодирования

- 5. Построим дерево кодирования по Хаффману.

X1	0,5	0,5	1
X2	0,25	0,5	
X3	0,25		



# Цена кодирования и коэффициент сжатия

- 6. Определим цену кодирования
- $L = 1 \cdot 0,5 + 2(0,25 \cdot 2) = 1,5$ .
- 7. Запишем последовательность байтовых пар в виде кодовых комбинаций: 0 1 1 1 0 0.
- Коэффициент сжатия в примере:  $(8 \times 8 \times 8) / 6 = 512 / 6 = 85$ .
- **Коэффициент сжатия** при кодировании по Хаффману составляет в среднем 10...15.
- Результирующий коэффициент сжатия при внутрикадровом кодировании (для I-кадров) составляет .



## Восстановление сообщения

- 8. Восстановление сообщения (блока ДКП):
- двигаясь по ветви полученной кодовой последовательности, приходим к нужному символу
- $(0, 39); (1, -1); (1, -1); (3, -1); E.$

# Список использованных источников и литературы

- 1. Шульгин В.И. Системы цифрового телевидения. – Харьков, ХАИ, 2010.
- 2. Кодирование длин серий. Материал из Википедии — свободной энциклопедии.
- 3. Казанцев Г.Д. Телевидение и телевизионные устройства: Учебное пособие. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 216 с.
- 4. Одинец А.И. Цифровые устройства. Учебное текстовое электронное издание. – Омск: ОмГТУ. -.2016. – 90 с.