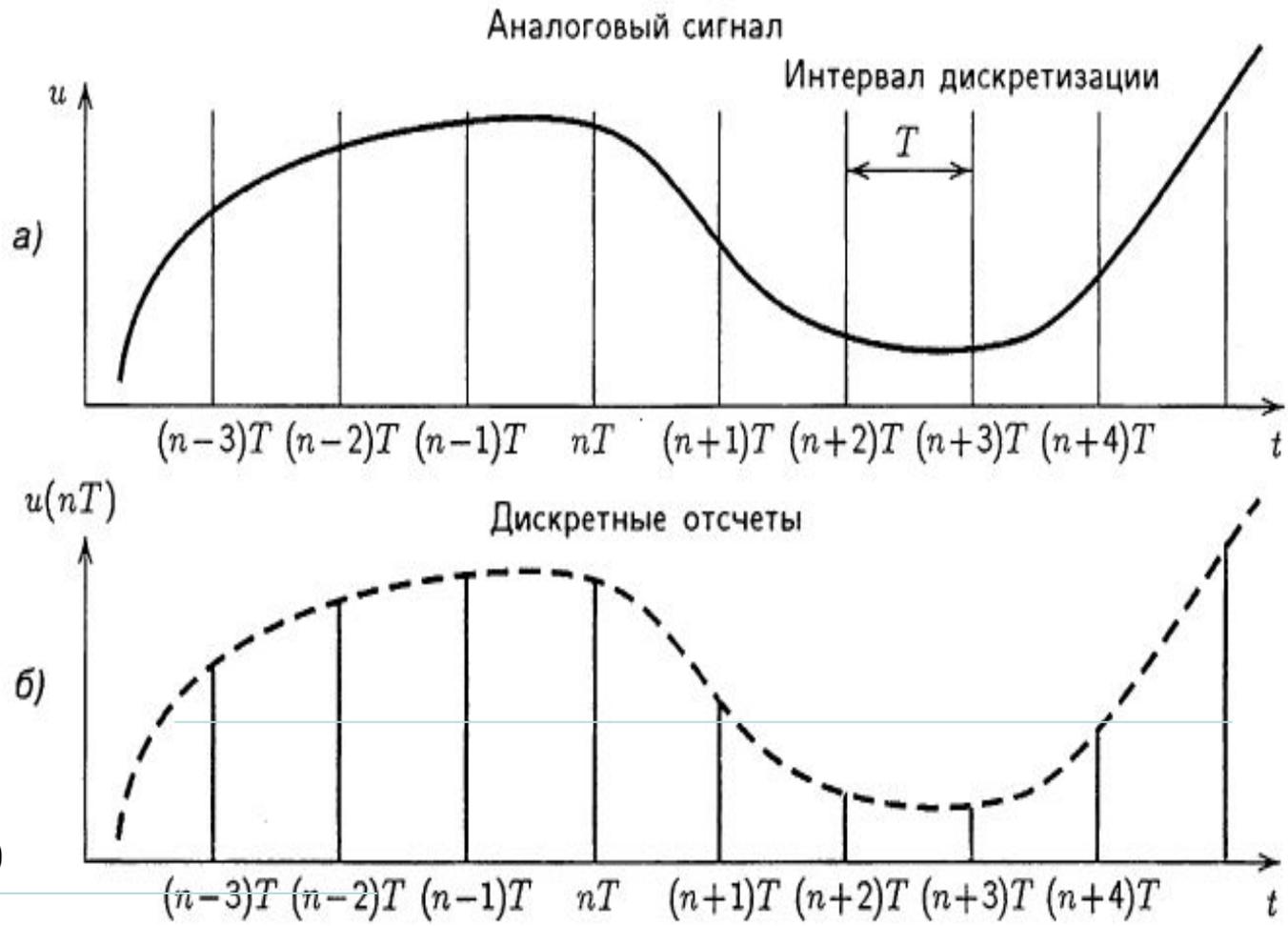


4. КВАНТОВАНИЕ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Дискретизация по амплитуде



$S_{\text{ВЫХmax}}$

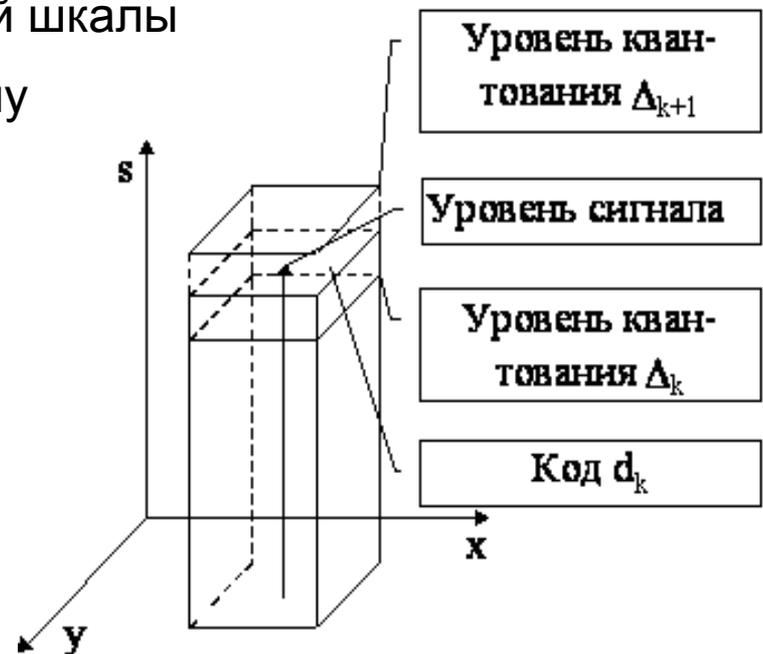
Под квантованием сигнала s по уровню подразумевается процесс измерения сигнала в точке дискретизации и выражение результата измерения некоторым числом m из множества $m \{m_0, \dots, m_k, \dots, m_K\}$, где K - число уровней квантования.

каждому определенному интервалу входного сигнала ($k, K+1$) соответствует фиксированное значение выходного **$S_{ВЫХnk}$**

Квантование - преобразование непрерывной шкалы уровней каждого отсчета в дискретную шкалу

Квантование сигнала по уровню это дискретизация сигнала по амплитуде

**Уровень квантования
Шаг квантования
Пороги квантования**



Связь пространственной дискретизации и квантования по уровню

Характеристики квантования

- **шкала квантования** Характеристика, выражающая зависимость уровня квантованного сигнала от уровня аналогового сигнала.
- **порог квантования (decision value)** Значение уровня отсчета, при котором происходит скачкообразный переход на новый уровень квантования.
- **уровень квантования (quantization level)** - Фиксированное значение уровня отсчета, получаемое в результате квантования.
- **линейное квантование (uniform quantizing)** -
- Квантование, при котором все шаги квантования одинаковы.
- **нелинейное квантование (non-uniform quantizing)**
-квантование, при котором не все шаги квантования одинаковы

- В общем случае, как уровни порогов квантования d_i , так и уровни квантованного сигнала s_i могут быть равномерными или неравномерными.
- Это обусловлено тем, что каждому выделенному интервалу измерения входной величины ставится в однозначное соответствие фиксированное значение кода на выходе.
- Расстояние между соседними уровнями квантования называется шагом квантования, а расстояние между соседними порогами квантования называется интервалом квантования.
- По существу интервал квантования является интервалом округления до входящего в него уровня квантования.
- В результате квантования входной сигнал переводится в цифровую форму, в которой он хранится и обрабатывается на ЭВМ.

Шум квантования

- Процесс квантования сопровождается так называемым шумом квантования, обусловленным различием между исходным и восстановленным сигналами, и имеющим характер нелинейных амплитудных искажений.
- Шум квантования на изображении может проявляться различным образом, что зависит от пространственной или временной характеристики видеоинформации:
 - - в области случайных изменений, или области наличия изображения с мелкими деталями шум квантования проявляется в форме случайного шума квантования и практически незаметен при восприятии человеком;
 - - в области детерминированных изменений, особенно в областях изображений почти равномерной яркости, возникают поля значительной площади с соседними значениями уровней яркости, которые воспринимаются большинством наблюдателей как ложные контуры.



Уменьшение шума квантования

- Психофизиологические исследования показали, что заметность ложных контуров возрастает как при снижении общего числа уровней квантования, так и при увеличении площадей непрерывных полей с одним значением уровня яркости. В устройствах отображения возникают и помехи квантования, обусловленные неудачным выбором частоты дискретизации, а также результатом наложения частотных характеристик дискретизатора и полезного сигнала.
- Шум квантования можно изменять в значительных пределах. Для уменьшения шума квантования могут быть использованы следующие основные способы: - выбор шага квантования, т.е. выбор достаточно большого числа уровней сигнала;
- - выбор соответствующего переменного шага квантования при постоянном общем числе уровней сигнала;
- - использование принципов экстраполяции и интерполяции при восстановлении аналоговых сигналов из квантованных по уровню;
- - использование различных форм маскирования помех квантования с помощью дополнительных сигналов, как случайных, так и детерминированных.

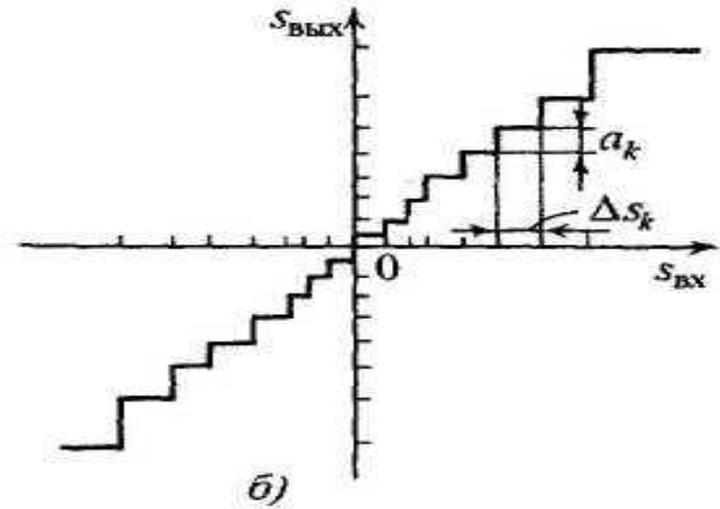
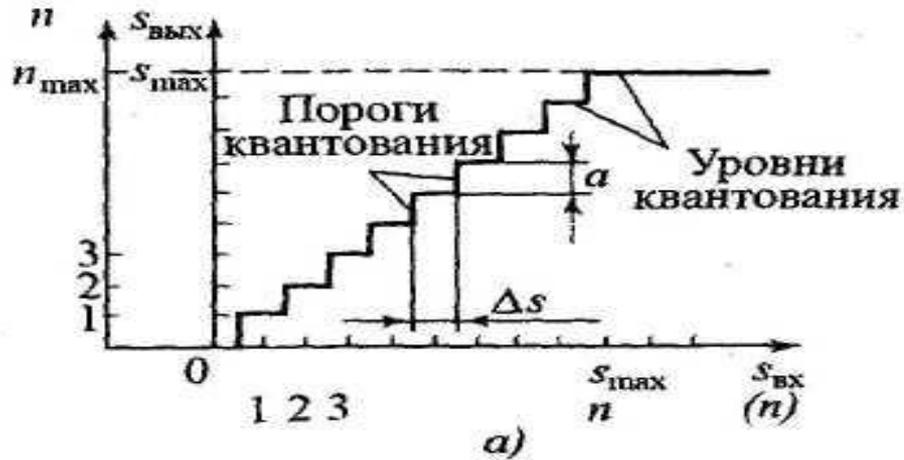
- В результате ограниченной чувствительности зрительный анализатор человека различает ограниченное число градаций яркости изображения. Ограничение вызвано различными факторами, как физическими - флуктуационной характеристикой светового потока, так и психофизиологическими - существованием флуктуаций внутри нервных каналов зрительного анализатора.
- Исследования показали, что зрительный анализатор человека является дифференциальным, т.е. человек лучше воспринимает изменение яркости соседних градаций (или отсчетов), чем их абсолютные значения.
- При восприятии изменения яркости dB изображения достаточно большой площади по отношению к фону с равномерной яркостью B_0 выполняется закон Вебера-Фехнера, который выражается в виде: $dB/B_0 = \text{const}$.
- Процедура квантования подразумевает операцию разбиения всего динамического диапазона изменения выходного сигнала изображения на конечное число уровней - уровней квантования - так, что все возможные значения входного сигнала $S_{ВЫХ}$ (от 0 до max) представляются конечным числом дискретных значений. $S_{ВЫХ1}, S_{ВЫХ2}, \dots, S_{ВЫХn}, \dots$, в диапазоне от 0 до $S_{ВЫХmax}$

- Такое представление сигнала изображения возможно и оправдано прежде всего тем, что получатели видеоинформации (зрительный анализатор, измерительный прибор и др.) обладают ограниченной контрастной чувствительностью.
- В то же время квантование позволяет уменьшить влияние помех в тракте передачи и преобразования видеоинформации, хотя и способствует возникновению шума квантования.
- Но человеческий глаз тоже обладает ограниченной контрастной чувствительностью, что снижает влияние шума квантования на адекватность восприятия информации.

Характеристики квантователей

Представление характеристик квантователей

а -- с равномерным, б --- с неравномерным квантованием (сигналы могут быть униполярные и биполярные)

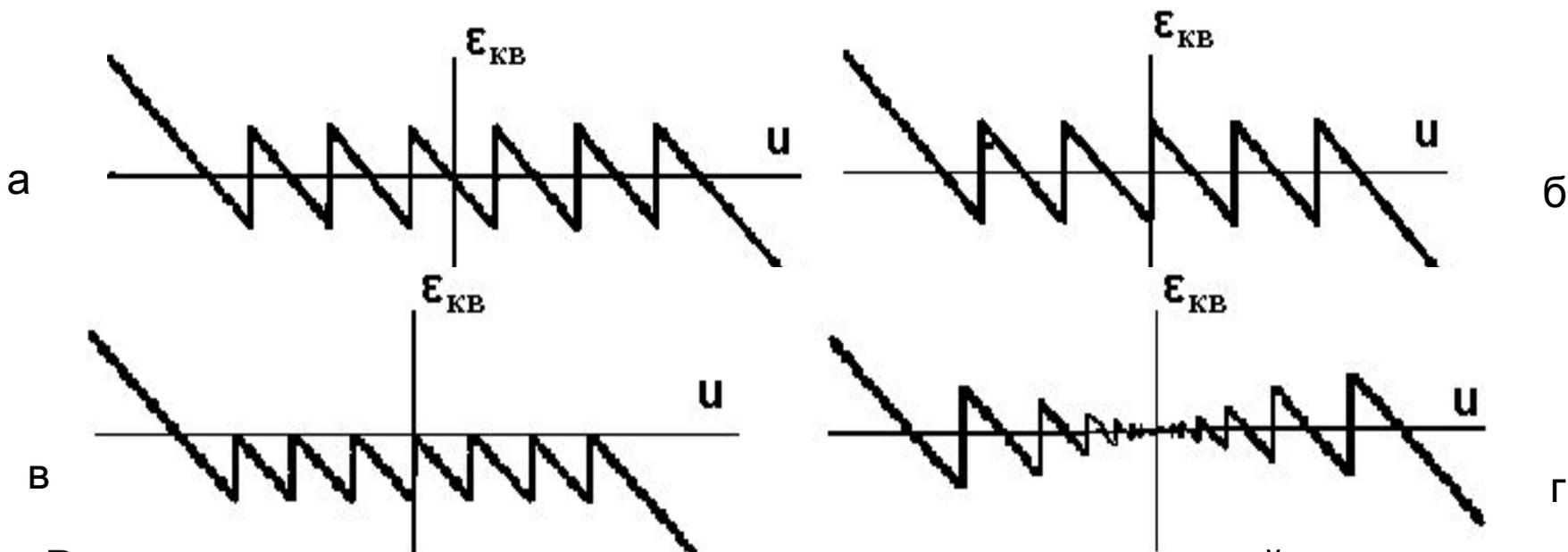


Характеристика квантователей сигналов изображения

Устройство, выполняющее квантование отсчетов аналогового сигнала, называется аналого-цифровым преобразователем (АЦП). В простейшем случае мгновенное значение каждого отсчета сигнала заменяется выходным отсчетом с одним из заданных равномерно расположенных уровней. Такое квантование называют равномерным или линейным (*uniform*)

Характеристика квантователя (может быть представлена в виде суммы идеальной линейной функции (тонкая линия на рисунках) и характеристики, определяющей искажения сигнала

При квантовании используются два способа представления отсчетов: округление и усечение.



Различное представление характеристик квантователей

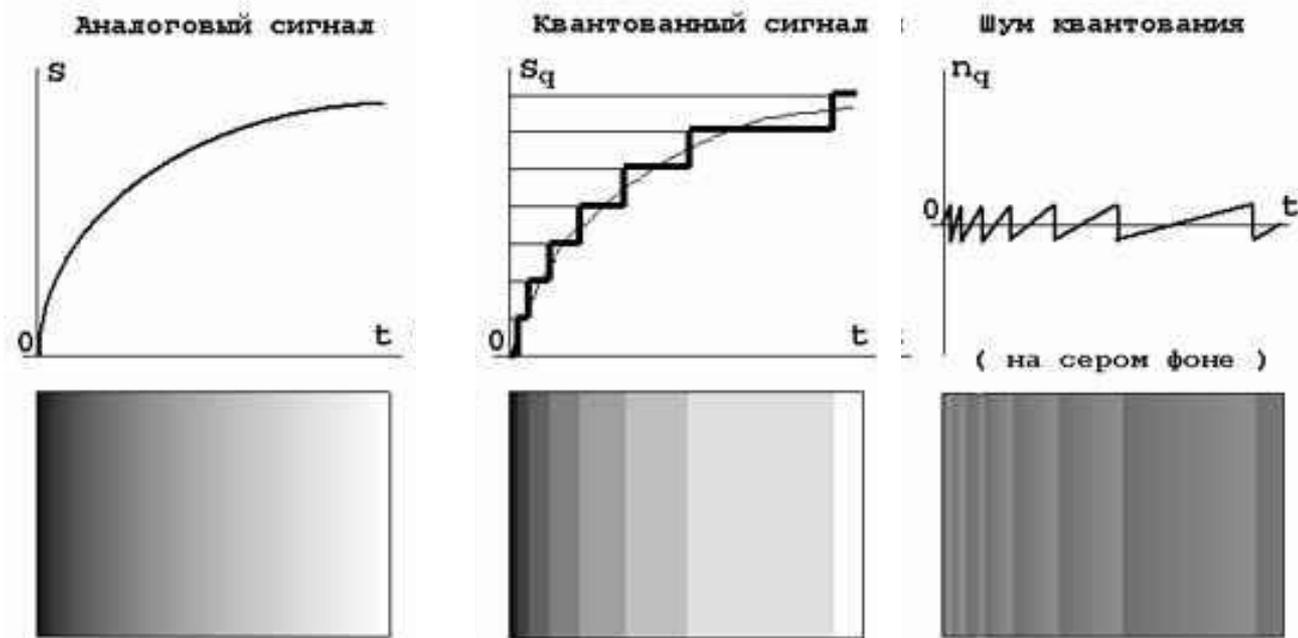
На Рис., а изображены характеристики без скачка в начале координат, что соответствует операции округления.

Рис. б и Рис. в иллюстрируют случаи, когда в начале координат наблюдается ступенька. Это операции усечения при квантовании.

Характеристика, приведенная на Рис. б, получается из характеристики Рис. а при разного рода нестабильностях элементов кодера, а также при изменении напряжений источников питания .

Ошибка квантования

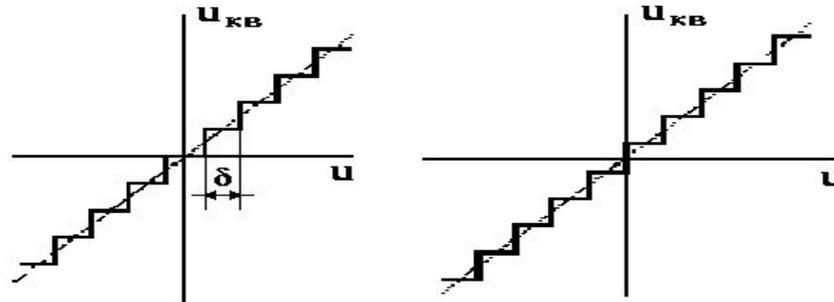
- Для равномерной шкалы шаг квантования есть величина постоянная.
 - Для неравномерной шкалы (Рис., г) шаг квантования имеет **меньшее значение для слабых сигналов и увеличивается при увеличении уровня сигнала.**
 - Квантование сигналов сопровождается ошибкой
- $\varepsilon_{кв} = U - U_{кв i}$, где U – входное напряжение; $U_{кв i}$ – квантованное значение U_i , взятое в момент времени t_i
- **Ошибка квантования случайного сигнала носит шумовой характер, Чем больше уровней квантования, тем меньше ошибка.**
 - Простейшим примером квантования является округление вещественных чисел.
 - ***Ошибка коррелирует с входным сигналом.***
 -



Аналого-цифровое преобразование . Квантование

Искажения сигнала, возникающие в процессе квантования, называют шумом квантования. При инструментальной оценке шума вычисляется разность между исходным сигналом и его квантованной копией, а в качестве объективных показателей шума принимается среднеквадратичное значение этой разности (изображение шума квантования показано на сером фоне).

- Характеристика квантователя имеет два участка: **зону квантования** и **зону ограничения**.
- В зоне равномерного квантования ошибка $\varepsilon_{кв}$ по абсолютной величине не превосходит величины $\delta/2$ (для Рис.4.3,в ошибка $|\varepsilon_{кв}|$ не превосходит δ). (если δ расстояние между соседними пороговыми уровнями -- шаг квантования).



- В зоне ограничения, когда $|u_{вх}| > U_{огр}$, где $U_{огр}$ – порог ограничения квантователя, ошибка преобразования $\varepsilon_{кв}$ **пропорциональна значению квантуемого отсчета**. Поэтому результирующая ошибка преобразования состоит из двух слагаемых – ошибки квантования и ошибки ограничения.

В отличие от флуктуационных шумов шум квантования коррелирован с сигналом, поэтому шум квантования не может быть устранен последующей фильтрацией. Шум квантования убывает с увеличением числа уровней квантования.

Чем больше уровней квантования, тем меньше ошибка.



Рис.4.5. Корреляция шумов квантования с сигналом

изображение,
квантованное на 4 уровня

изображение,
квантованное на 128 уровней

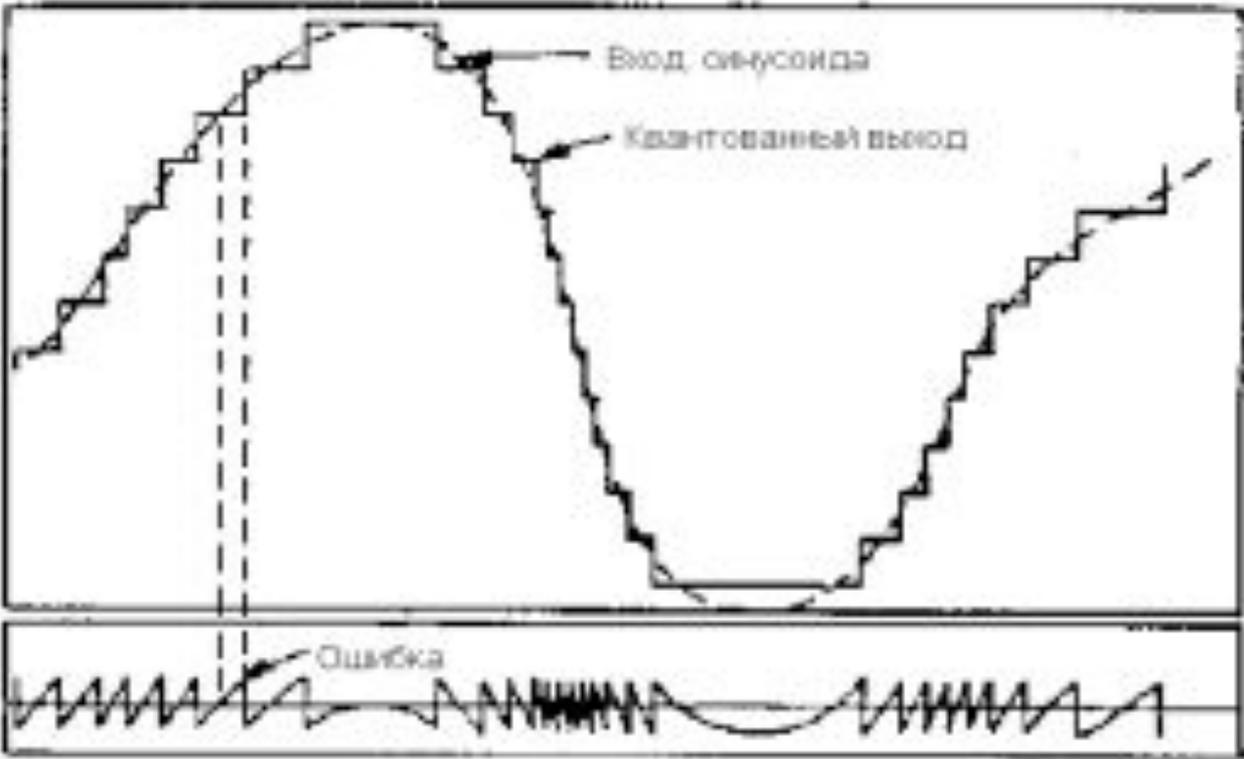
Ошибка квантования случайного сигнала носит шумовой характер, и может моделироваться путем добавления аддитивного шума к сигналу.

- Моделировать ошибку квантования аддитивным шумом не всегда справедливо.
- На Рис. показано квантование синусоиды, и соответствующая ошибка квантования, как можно увидеть, далеко **неслучайна и коррелирована с сигналом.**
- Коррелированная с сигналом ошибка квантования, например, музыкального сигнала дает ощущение «грязного» звука при прослушивании.
- Для «придания» ошибке более случайного характера к исходному аналоговому сигналу можно добавить некоторое количество высокочастотного шума.
- **Этот метод называется дизеризацией,** а соответствующий квантователь – дизеризованным.

- При квантовании сигнала амплитуда каждого отсчета *округляется* до ближайшего значения разрядной сетки
Нетрудно видеть, что для сигналов малой амплитуды это может приводить к значительному искажению формы сигнала
Такой простейший способ квантования называется *усечение* (truncate, транкейт) либо *округление* (rounding)
- «дизеринг» заключается в подмешивании к сигналу шума перед квантованием

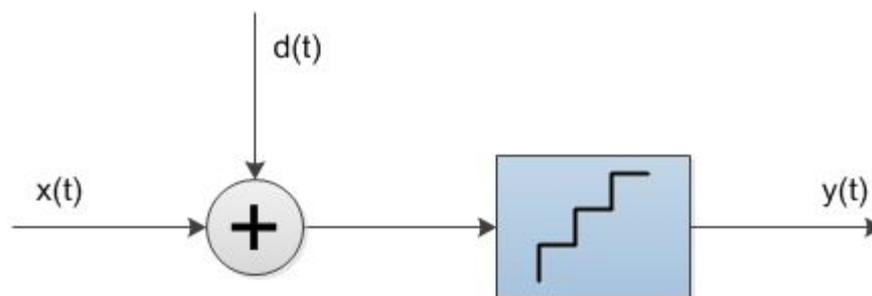
Энергия ошибки при использовании данного метода несколько возрастает, но ошибка оказывается декоррелированной с сигналом, что в некоторых случаях улучшает качество звучания.

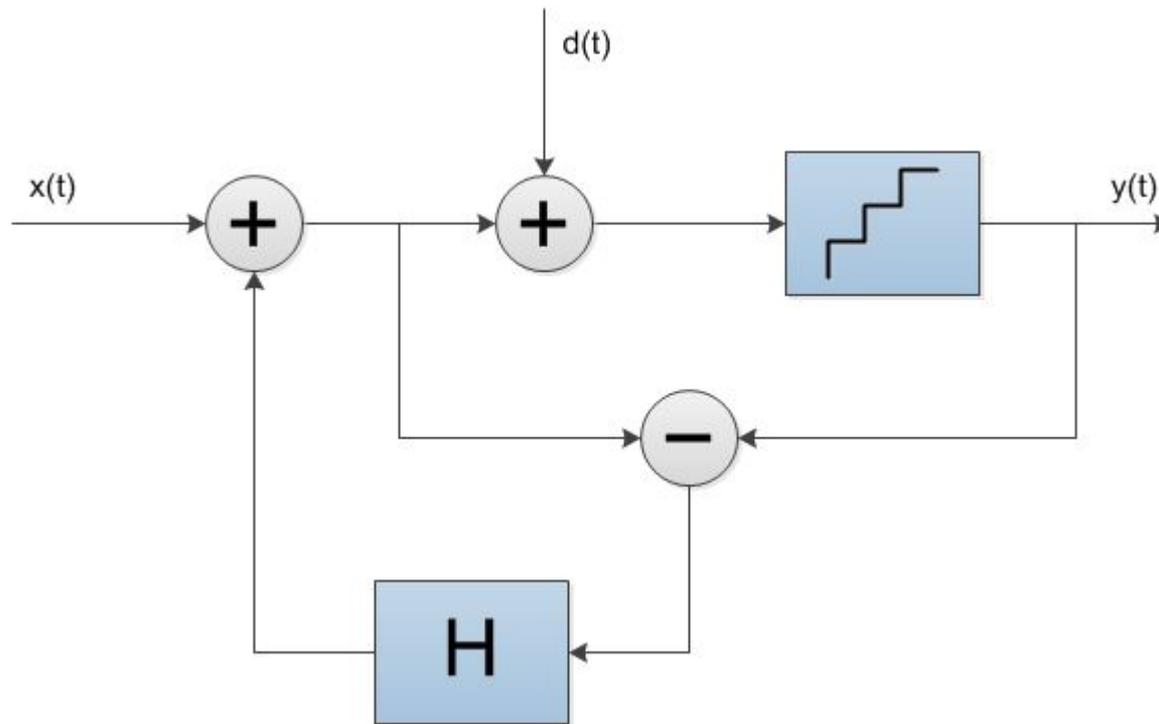
Наиболее эффективный, но трудоемкий метод декорреляции ошибки квантования называется дизеризацией с вычитанием.



Ошибка квантования синусоидального сигнала. Метод дизеризации

- Похожие алгоритмы квантования используются и в обработке изображений, когда надо представить цвет малым числом доступных градаций.





Дизеринг с вычитанием В этом методе присутствует обратная связь: разница между квантованным и исходным сигналами пропускается через фильтр и прибавляется к следующему отсчету сигнала

- Эффект от простого квантования цветов называется *постеризацией*: на изображении появляются ложные контуры, а часть деталей исчезает. Постеризации можно избежать, добавив перед квантованием шум дизеринга. Однако более качественного результата достигает алгоритм *диффузии ошибки*,
- Он вытесняет ошибку квантования в область верхних частот, где чувствительность глаза невысока. Диффузия ошибки часто применяется в офсетной печати для смешивания цветов.

РАВНОМЕРНОЕ КВАНТОВАНИЕ

При квантовании каждому определенному интервалу входного сигнала $S_{вх}$ соответствует фиксированное значение выходного $S_{вых}$

Уровень $S_{вых}$ и шаг квантования a

$$S_{\text{вых}} = a \sum_{j=1}^n 1\{s_{\text{вх}} - j\Delta s\},$$

Характеристика квантования
униполярного сигнала

$$1\{\cdot\} = \begin{cases} 0 \text{ для } \{\cdot\} < 0, \\ 1 \text{ для } \{\cdot\} \geq 0. \end{cases}$$

Единичная функция

Параметр аналого-цифрового преобразования - *число уровней квантования* $N_{КВ}$, определяемое числом двоичных разрядов АЦП n в соответствии с соотношением:

$$N_{КВ} = 2^n$$

число уровней квантования $N_{КВ}$, определяемое числом двоичных разрядов АЦП - n

Системы, в которых учитывается эффект квантования по уровню должны рассматриваться как нелинейные.

Основные источники появления таких систем:

- следствие неизбежной дискретности работы ЭВМ.
- наличие АЦП / ЦАП.

Преобразование

непрерывная

$$f(t)$$

квантованная

$$f^K = S(kT)$$

Ступенчатая линия описывает преобразование непрерывной величины в квантованную по уровню величину

Ошибка δ (n – разрядность)

$$\delta = \frac{f_{MAX} - f_{MIN}}{2^n}$$

Квантование по уровню – это преобразование сигнала с помощью АЦП / ЦАП, когда диапазон изменения сигнала делится на ступени в зависимости от разрядности АЦП / ЦАП.

Оценим

при 8-разрядном кодировании: $\delta(8) \approx 0,4 \times 10^{-2} (f_{MAX} - f_{MIN})$

при 16-разрядном кодировании: $\delta(16) \approx 0,15 \times 10^{-4} (f_{MAX} - f_{MIN})$

Выбор $N_{кв}$, (числа уровней квантования)

Выбор значения $N_{кв}$, (числа уровней квантования) осуществляется так, чтобы влияние квантования на изображение не было заметно для получателя информации.

Ошибка квантования является случайной величиной , поэтому ее называют шумом квантования.

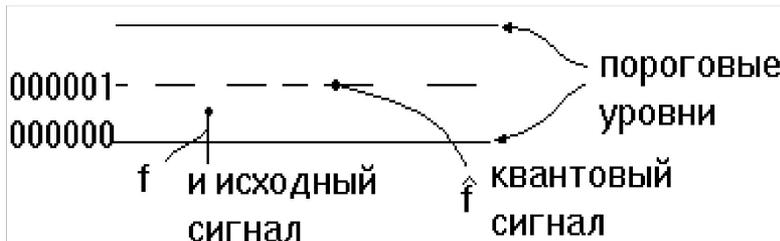
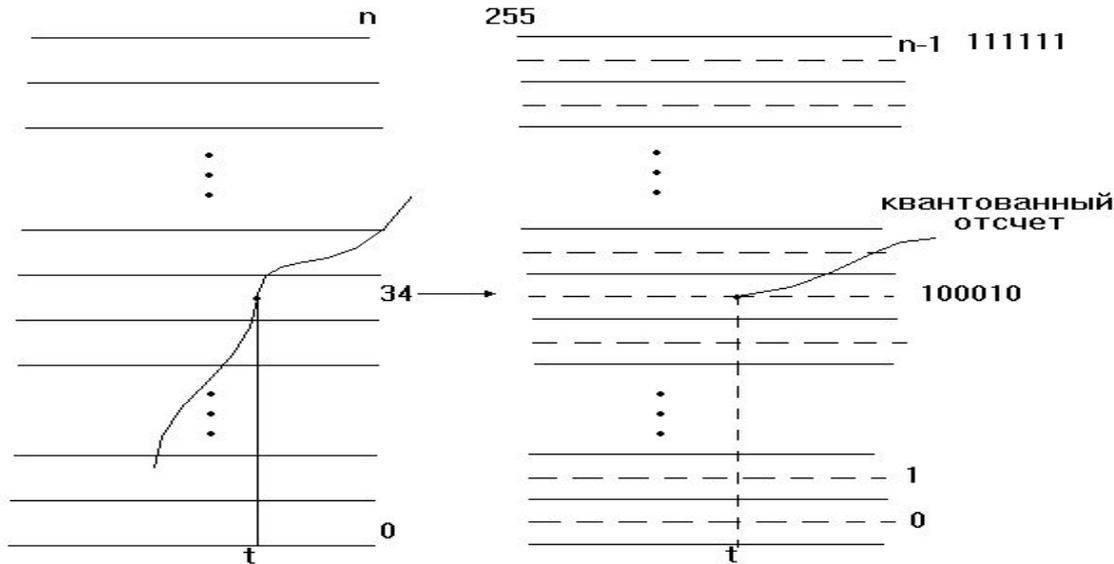
При квантовании сигналов необходимо ответить на два вопроса:

- а). Сколько уровней квантования необходимо выбрать для того, чтобы дискретное представление с необходимой точностью соответствовало рассматриваемой задаче;
- б). Как выбирать уровни квантования.

Очевидно, что а), б) влияют на дальнейшую обработку изображения.

Идея преобразования

пусть есть $n+1$



Если линейная шкала, то отсчеты производятся в позиционной системе, тогда каждый квантованный отсчет может быть представлен в двоичной системе, например

0000 0000, 0000 0001, ... , 0111 1110, 0111 1111.

Таким образом, если имеем m - разрядное слово, то может быть задано

2^m уровней

Постановка задачи

Пусть f - случайная

$$a_L \leq f \leq a_0$$

уровни квантования

пороговые уровни

чтобы минимизировать ошибку
квантования

То есть, если

$$d_i \leq f \leq d_{i+1}$$

то

$$f \rightarrow f^k = r_i$$

Для решения задачи оптимизации -
получения

$$r_i, d_i$$

будем минимизировать среднеквадратичную ошибку различия
между f и f^k

Пусть f и f^k

$p(f)$ (распределение функции f)

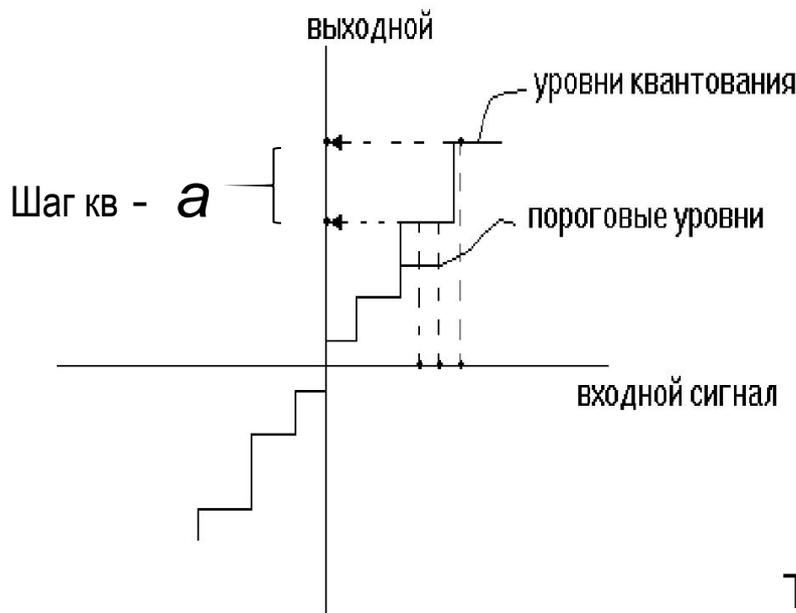
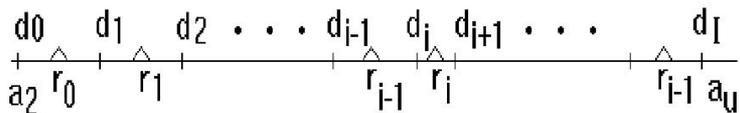
Нужно выбрать

$$r_i \quad i \leq I$$

$$d_i \quad i \leq I$$

ε

$$\varepsilon = \text{Min}\{(f - f^k)\} = \int_{a_2}^{a_1} (f - f^k)^2 P(f) df = \sum_{i=0}^{I-1} \int_{d_i}^{d_{i+1}} (f - r_i)^2 p(f) df$$



$$p(f_i) = \text{const} = p(r_i)$$

В конечном счете получаем для уровня квантования следующее выражение

$$r_i = \frac{d_{i+1} + d_i}{2}$$

Таким образом уровень квантования должен находиться посередине пороговых уровней.

Ошибка определяется

$$\varepsilon = \frac{1}{12} \sum_{i=0}^{I-1} p(r_i) (d_{i+1} - d_i)^3$$

МИНИМИЗАЦИЯ ОШИБКИ ε

Методом множителей Лагранжа

Ограничения

$$p(r_i) = \text{const} \quad d_i \leq r_i < d_{i+1}$$

Практически плотность вероятностей равномерна, только для линейно меняющегося сигнала

Решая систему уравнений

$$\delta\varepsilon / \delta r_i \quad \text{и} \quad \delta\varepsilon / \varepsilon d_i$$

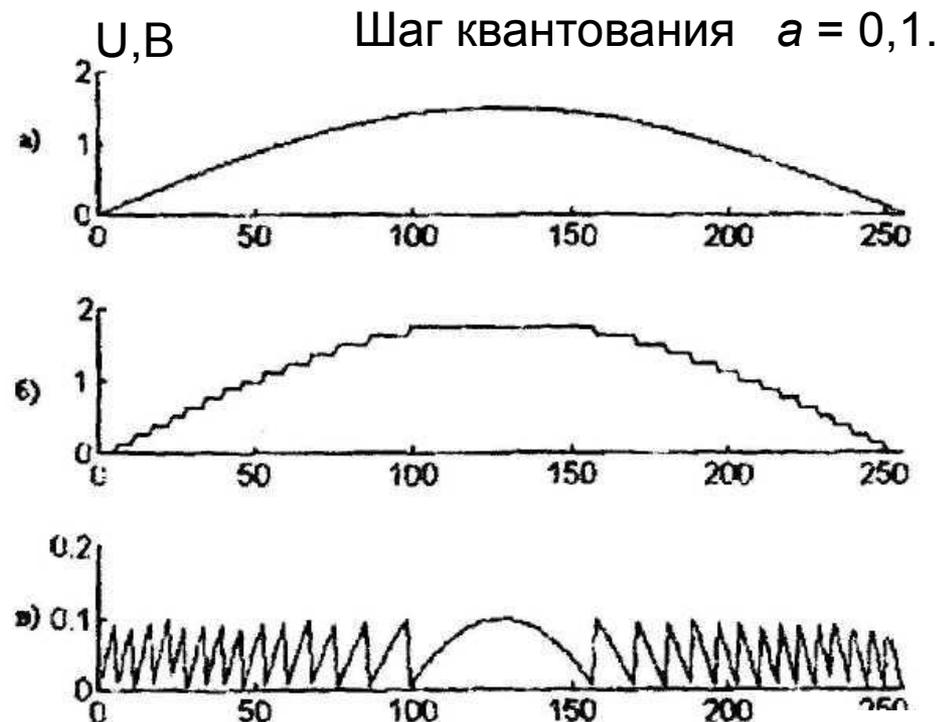
$$\varepsilon_{\min} = \frac{1}{12I^2}$$

$$(\sigma_{\text{ОШ.КВ}})^2 = a^2 / 12$$

где шаг квантования $a = \delta \quad \delta = 2U_{\text{огр}} / 2^p$

$$\alpha = 2U_{\text{огр}} / 2^p$$

Если $p(f)$ - равномерное распределение, то и распределение уровней равномерно, если нет, то число уровней там больше, где $p(f)$ выше



Сигнал до квантования (а),
сигнал после квантования (б),
ошибка квантования (в)

- Дисперсия ошибки квантования, отнесенная к 1 Вт, в дБ/Вт

$$10 \lg (\sigma_{\text{кв}}^2 / 1\text{Вт}) = 10 \lg (\delta^2 / 12) = 10 \lg (4 U_{\text{огр}}^2 / 12) - 10 \lg 2^{2p} =$$

$$= -6p + 20 \lg U_{\text{огр}} - 4,77, \text{ дБ.}$$

- Ошибка квантования уменьшается на **6 дБ на каждый используемый в квантователе бит.**

- Величина отношения сигнал/ошибка квантования (или защищенность сигнала) для случая гармонического сигнала
- $A_{\text{з кв}} = 10 \lg (P_{\text{с}} / P_{\text{кв}})$.
- Для получения защищенности не менее 30 дБ требуется число разрядов квантователя $p = 5$ разрядов для кодирования каждого отсчета сигнала .
- Для равномерно квантуемого случайного сигнала отношение сигнал/шум на выходе квантователя примерно равно
- $S/\text{Ш} = 6N/\text{дБ}$, N число бит
- для 12-разрядного АЦП $S/\text{Ш} \longrightarrow 72\text{дБ}$.

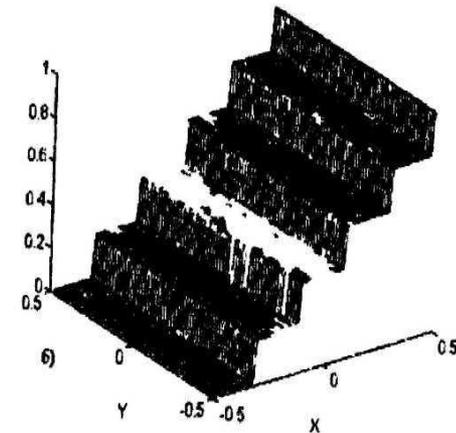
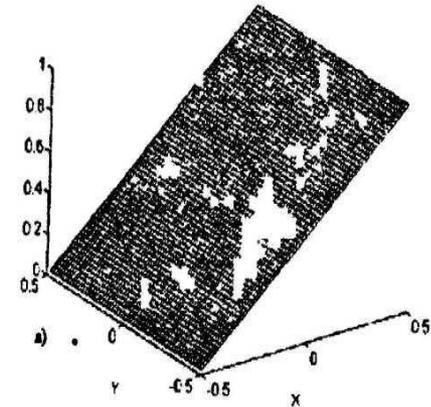
На изображении шум квантования может проявляться различным образом в зависимости от изменений яркости или цвета данного участка изображения

На участках, состоящих из мелких деталей, квантование приведет к случайным изменениям их яркости или цвета.

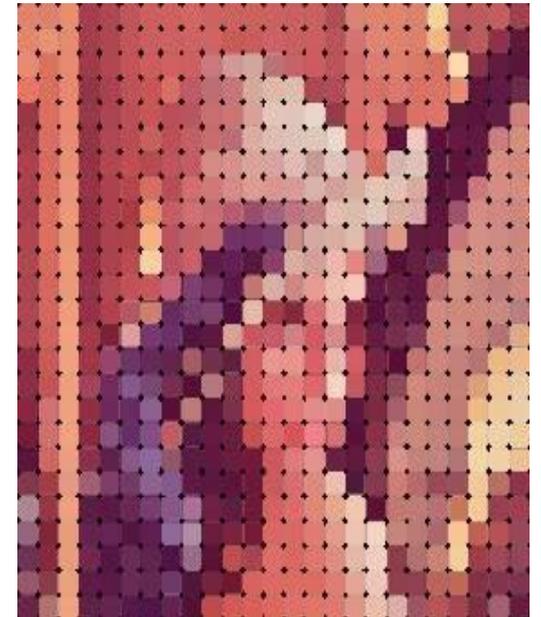
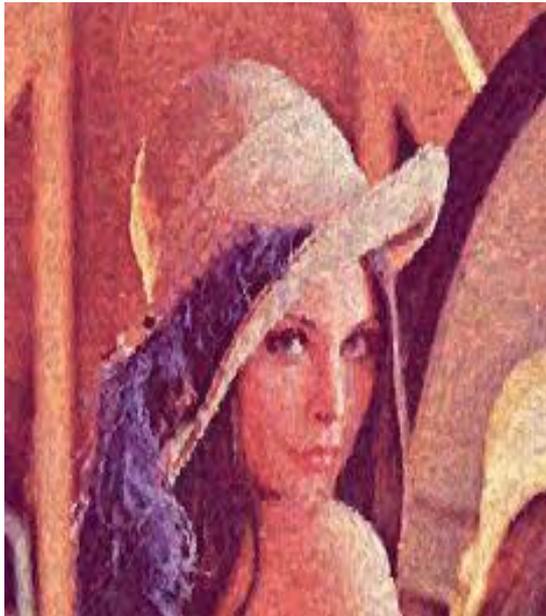
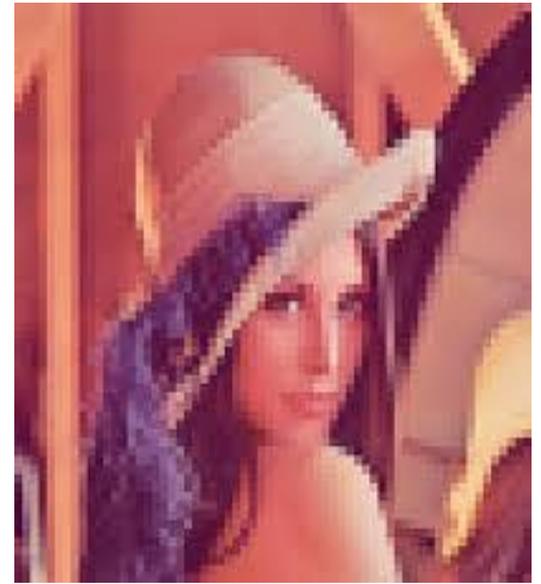
Если перепады яркости на ступеньках достаточно большие, т. е. уровней квантования мало, то на изображении возникнут ложные фигуры

Заметность, ложных контуров существенно уменьшается при случайных смещениях значений *яркости* элементов изображения или положений уровней квантования.

Поэтому в некоторых случаях перед квантованием в изображение вводится **аддитивный шум**



Исходное распределение яркости в изображении (а) и распределение яркости после квантования (б)



. Ложные контуры на реальном изображении

Отношение сигнала к шуму

Если в качестве меры шума квантования взять среднеквадратическое значение сигнала, то ошибку квантования можно определить :

$$\overline{(s-s_k)^2} = \int_{s_k-0,5}^{s_k+0,5} (s-s_k)^2 p(s) ds, \quad \overline{(s-s_k)^2} = \int_{-\Delta s/2}^{\Delta s/2} (\Delta s)^2 p(s_k) d\Delta s = \frac{(\Delta s_k)^3}{12} p(s_k). \quad p(S) = p(S_K)$$

$$N_{\Sigma} = \sum_k \frac{(\Delta s_k)^3}{12} p(s_k).$$

$$P_k(s) = \int_{s_k-0,5}^{s_k+0,5} p(s) ds = p(s_k) \Delta s_k.$$

$$N_{\Sigma} = \frac{1}{12} \sum_k (\Delta s_k)^2 p(s_k).$$

$$N_{\Sigma} = \frac{1}{12} (\Delta s)^2. \quad \text{Суммарный шум}$$

$$N_s = \int_{-\infty}^{\infty} s^2 p(s) ds = \frac{1}{n\Delta s} \int_{-n\Delta s/2}^{n\Delta s/2} s^2 ds = \frac{1}{12} n^2 (\Delta s)^2.$$

Суммарный сигнал

$$N_{s\Sigma} = N_s - N_{\Sigma} = \frac{1}{12} (n^2 - 1) (\Delta s)^2.$$

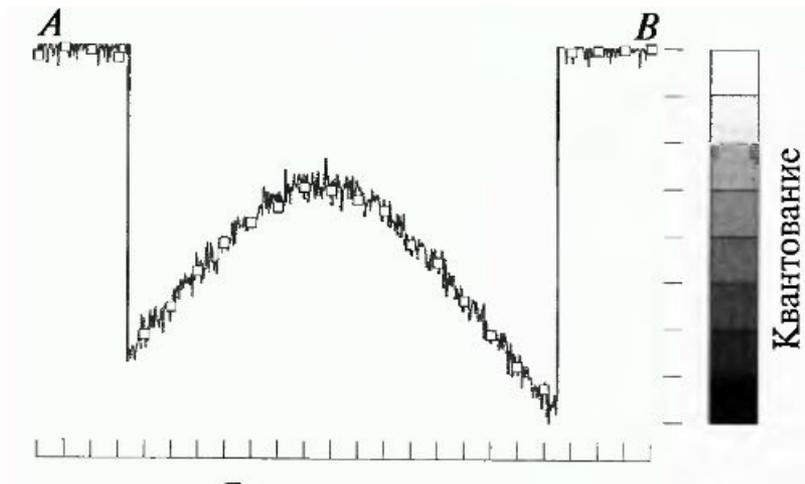
$$\Psi_{\text{ВЫХ}} = N_{s\Sigma} / N_{\Sigma} = n^2 - 1.$$

Коэф. усиления

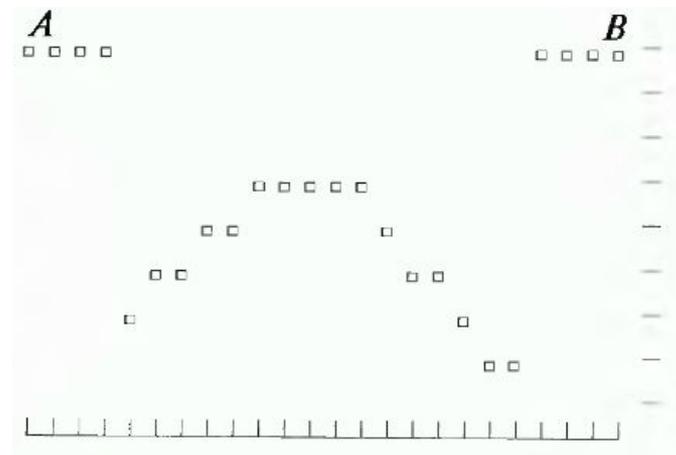
$$\Psi_{\text{ВЫХ}} \approx n^2$$

$$Q = S_{\text{ВЫХ}} / S_{\text{ВХ}}$$

- Значение Q зависит от величины входного сигнала и изменяется в пределах интервала квантования.
- При увеличении числа уровней квантования характеристика равномерного квантования приближается к линейной амплитудной характеристике, коэффициент усиления стремится к постоянной величине, определяемой углом наклона амплитудной характеристики.
- Выбор числа уровней квантования при обработке сигнала, предназначенного для формирования изображения (вещательное телевидение), должен производиться с учетом контрастной чувствительности зрения.
- При этом должны быть учтены специфика воспроизведения телевизионного изображения, характер передачи и обработки сигнала в телевизионном тракте.
- При квантовании сигналов цветного телевидения учитываются цветовые искажения, возникающие в связи с квантованием сигналов и особенностями воспроизведения и восприятия цветных изображений



Дискретизация



Квантование

Рис.4.12

В случае перекрытия спектров в восстановленном изображении, даже при идеальных характеристиках восстанавливающих фильтров, синтезируются ложные пространственные гармоники, которые приводят к появлению ложных узоров. Если частота дискретизации изображения недостаточна и возникают (муар-эффект). Для уменьшения этих нежелательных эффектов используют низкочастотную фильтрацию исходного изображения.

- Вследствие представления сигнала изображения конечным числом уровней квантования в восстановленном изображении возникают *шумы квантования*. Особенностью шумов квантования является то, что они возникают одновременно с сигналом.
- По природе возникновения шумы квантования обусловлены **неизбежным различием между исходным и квантованным сигналами**. Поэтому они существенно зависят от вида характеристики квантователя.
- Уменьшение ошибки квантования возможно путем увеличения числа уровней квантования. Однако, это не всегда возможно.
- В технике широкое применение находят компрессоры: устройства, осуществляющие сжатие динамического диапазона аналогового сигнала перед квантователем (компрессирование) и его расширение после квантователя (экспандирование).
- Применение компрессоров позволяет уменьшить ошибки квантования. Одним из примеров компрессора является логарифмический компрессор .

Неравномерное квантование

- Для многих сигналов, таких как речевые, характерно то, что малые уровни появляются чаще, чем большие. Однако равномерный квантователь обеспечивает одинаковые расстояния между последовательными разрешенными уровнями во всем динамическом диапазоне сигнала.
- Для уменьшения величины ошибки квантования при неизменном числе уровней квантования по сравнению с равномерным квантованием осуществляют неравномерное квантование.
- Характеристику неравномерного квантователя обычно получают пропусканием сигнала через нелинейное устройство, называемое компрессором (*compressor*), затем отсчеты сигнала поступают на АЦП с постоянным шагом .
- Пороговое превышение яркости $\Delta V_{\text{пор}}$ объекта над фоном, при котором объект различается наблюдателем, подчиняется в первом приближении закону Вебера-Фехнера:
 - $$\Delta V_{\text{пор}} / V_0 = k,$$

- Для неравномерного квантования, чем быстрее изменяется плотность распределения сигнала, тем чаще производятся отсчеты и наоборот.
-
- Для того, чтобы квантование было равномерное необходимо использовать следующую схему:



Схема неравномерного квантования

компрессор

экспандер (*expander*).

Компрессор и экспандер –
компандер (*compander*).

Неравномерное квантование

$$s_{\text{вых}} = \sum_{j=1}^n a_j 1\{s_{\text{вх}} - \Delta s_j\}.$$

Характеристика квантования

$$1\{\cdot\} = \begin{cases} 0 & \text{для } \{\cdot\} < 0, \\ 1 & \text{для } \{\cdot\} \geq 0. \end{cases}$$

Единичная функция

В области значений телевизионного сигнала, близких к уровню черного, шаг квантования должен быть меньше, чем в области, близкой к уровню белого.



Неравномерный квантователь как совокупность компрессора, равномерного квантователя и экспандера

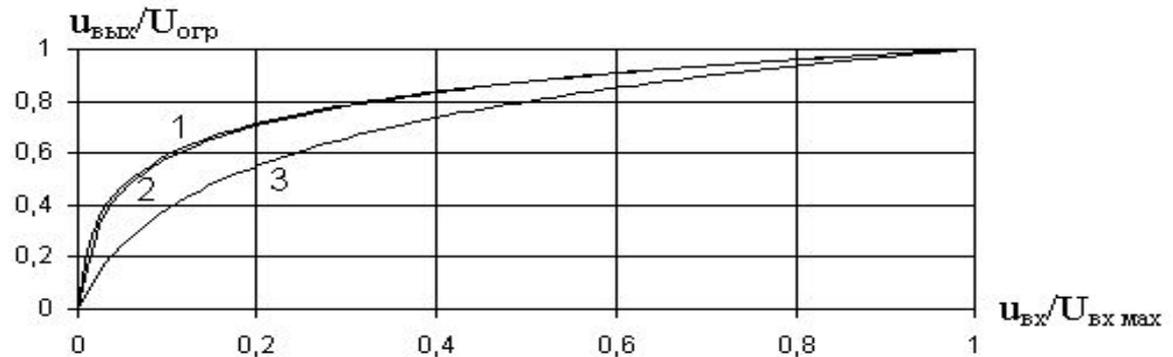
Характеристика нелинейного квантователя при увеличении уровней квантования приближается к линейной амплитудной характеристике с коэффициентом усиления преобразователя, зависящим от амплитуды входного сигнала.

А - закон

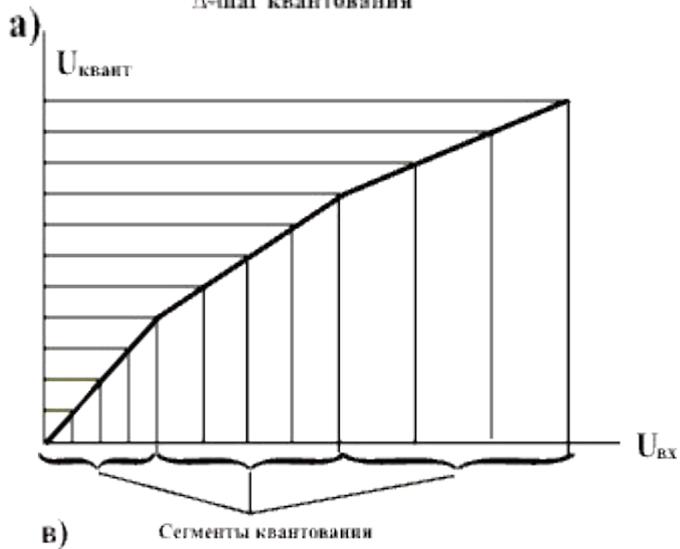
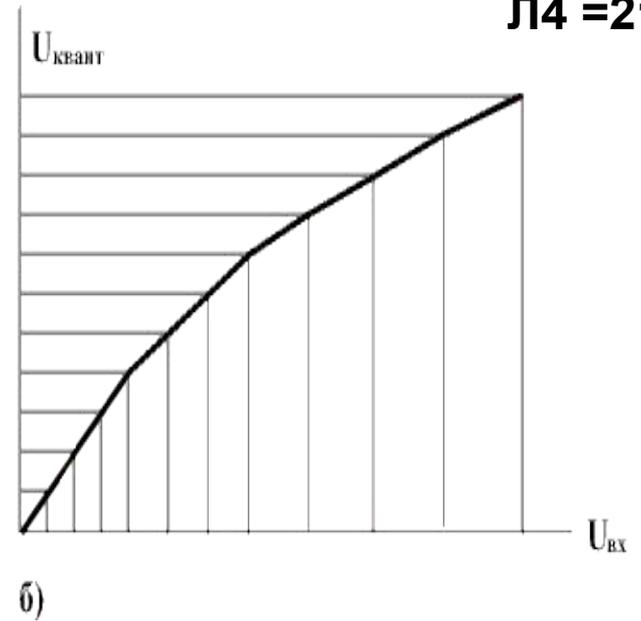
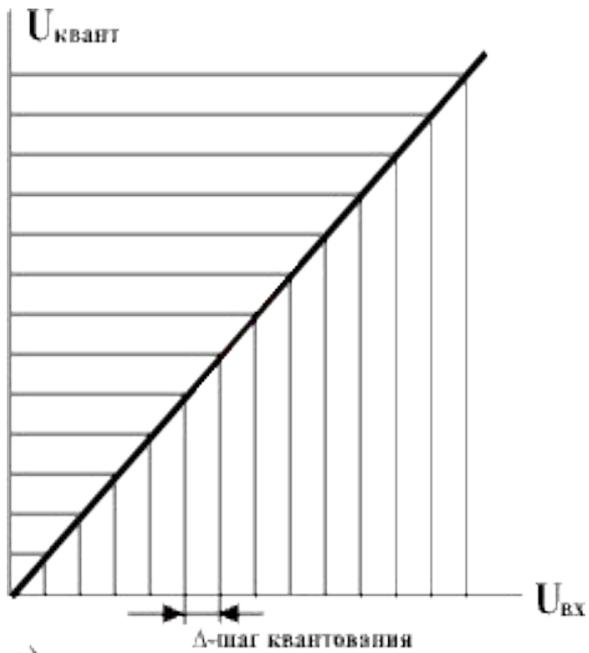
$$u_{\text{ВЫХ}}(u_{\text{ВХ}}) = \begin{cases} \frac{A \frac{|u_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВХ.макс}}}}{1 + \ln A} \text{sign}(u_{\text{ВХ}}), & \frac{|u_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВХ.макс}}} \leq \frac{1}{A}; \\ U_{\text{огр}} \frac{1 + \ln \left(A \frac{|u_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВХ.макс}}} \right)}{1 + \ln A} \text{sign}(u_{\text{ВХ}}), & \frac{1}{A} < \frac{|u_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВХ.макс}}} \leq 1. \end{cases}$$

μ- закон

$$u_{\text{ВЫХ}}(u_{\text{ВХ}}) = U_{\text{огр}} \frac{\ln \left(1 + \mu \frac{|u_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВХ.макс}}} \right)}{\ln(1 + \mu)} \text{sign}(u_{\text{ВХ}}),$$



. Амплитудная характеристика для логарифмического компрессора
 1 - μ – закон, μ = 255; 2 – А – закон, A = 87,6; 3 - μ – закон, μ = 25



- Характеристики квантования:

а) линейная; б) нелинейная логарифмическая; в) нелинейная трехсегментная

- Для уменьшения заметности шумов квантования наряду
- с увеличением числа уровней квантования используют:
- - **неравномерное квантование**;
- - **учитывают статистические** характеристики класса передаваемых изображений;
- - **особенности зрительного восприятия** помех квантования и др.
- При равномерном квантовании и достаточно большом числе уровней квантования плотность вероятности обрабатываемого сигнала можно считать постоянной. Все амплитуды $S_{ВХ}$, попадающие в интервал квантования Δs , т.е. для которых
- $S_K - 0.5 \leq S_{ВХ} \leq S_K + 0.5$
- будут заменены амплитудой $S_{ВЫХ}$ или S_K (будем считать $Q \sim 1$).
- Ошибка квантования в этом случае $|S - S_K| < |\Delta S_K|/2$.
-

Гамма-коррекция

- Техническая реализация неравномерного квантования- существенно сложнее, чем равномерного. Вместо использования переменного шага квантования обычно выполняют предварительное нелинейное преобразование видеосигнала - **гамма-коррекцию.**
- При этом решается одновременно две задачи.
- Во-первых, корректируется нелинейность передаточной характеристики кинескопа и обеспечивается оптимальная форма передаточной характеристики всего тракта телевизионной системы "от света до света".
- Во - вторых, уменьшается влияние ошибок квантования при малых уровнях яркости изображения.
- Передаточная характеристика гамма-корректора описывается соотношением

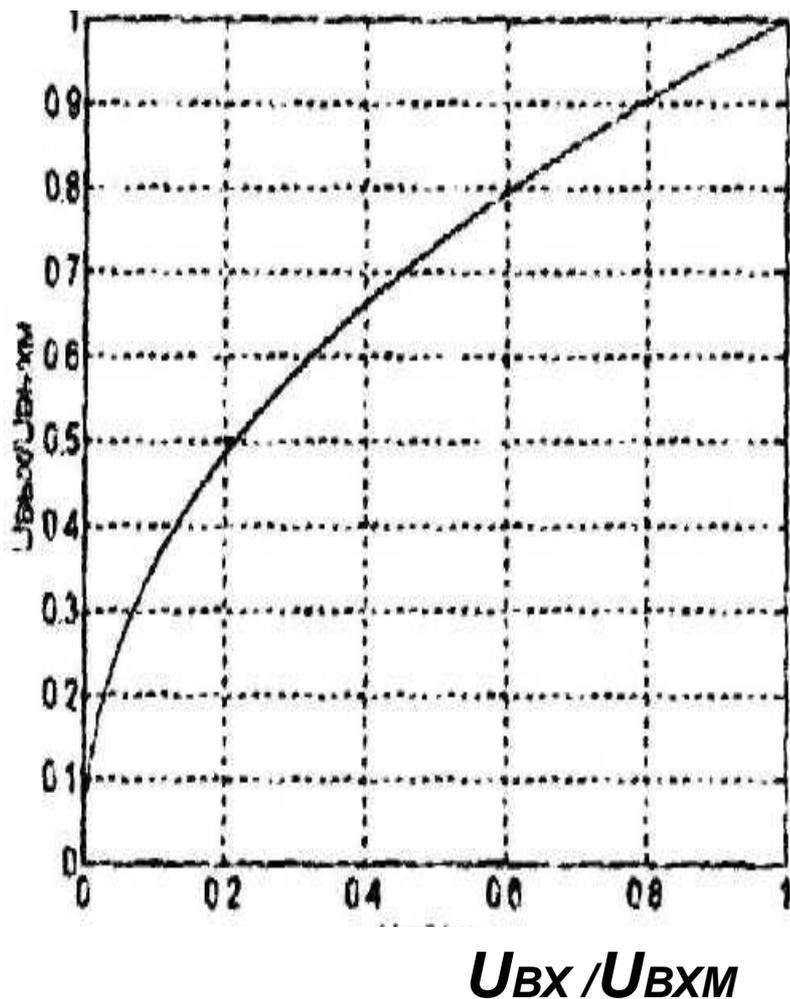
$$(U_{ВЫХ} / U_{ВЫХМ}) = (U_{ВХ} / U_{ВХМ})^\gamma$$

$U_{ВХ}$, $U_{ВЫХ}$ - напряжения сигналов на входе и на выходе гамма-корректора, соответственно;

$U_{ВХМ}$, $U_{ВЫХМ}$ ~ максимальные значения диапазонов напряжений сигналов на входе и на выходе гамма-корректора, соответственно;

$\gamma = 0,42...0,48$ - показатель гамма-коррекции. График передаточной характеристики гамма-корректора для случая $\gamma = 0,45$ приведен на рис. 4.17

$U_{ВЫХ} / U_{ВЫХМ}$



Гамма-коррекция - коррекция яркости цифрового изображения с помощью степенной функции

Гамма-коррекция позволяет: приспособить изображение под устройство ввода-вывода с нелинейной яркостной характеристикой, а также повысить контрастность, разборчивость тёмных участков изображения, не делая при этом чрезмерно контрастными или яркими светлые детали снимка.

Рис.4.17. Передаточная функция гамма-корректора

- **Квантование сигнала по уровню это дискретизация сигнала по амплитуде**
- Квантование позволяет уменьшить влияние помех в тракте передачи и преобразования видеоинформации
- Искажения сигнала, возникающие в процессе квантования, называют шумом квантования.
- При квантовании используются два способа представления отсчетов: округление и усечение.
- Шум квантования коррелирован с сигналом, поэтому шум квантования не может быть устранен последующей фильтрацией. Шум квантования убывает с увеличением числа уровней квантования.

- При дискретизации мы теряем высокие ($f > 1/\Delta t$) частоты сигнала, при квантовании мы теряем маленькие (меньше) изменения сигнала. Кроме того, получившийся после квантования сигнал отличается от реального (но уже дискретизованного) сигнала на величину порядка шага квантования (или кванта). Это различие носит название шума квантования, и оно принципиально неустранимо.
- В системах цифрового телевидения, как правило, применяется равномерное квантование прошедших гамма-коррекцию сигналов с числом двоичных разрядов АЦП $n = 8$, что дает число уровней квантования $N_{KB} = 256$. При этих условиях шум квантования на изображении практически незаметен.
- Иногда, чтобы внести в сигнал минимальные искажения, квантование делают так, что интервалы $\Delta x = x_n - x_{n-1}$ делают неравными (нелинейное квантование). Обычно при малом значении сигнала, чтобы относительная погрешность (шум квантования/сигнал) не становилась очень большой, применяют (так называемое) логарифмическое квантование

Нелинейное квантование позволяет получить при приемлемой точности хранения сигнала большой динамический диапазон (отношение максимального значения сигнала к минимальному или к величине кванта).

Перевод аналогового сигнала в цифровой выполняется специальными устройствами -- аналогово-цифровыми преобразователями (АЦП). Основными параметрами АЦП являются частота дискретизации

$$f = 1/\Delta t$$

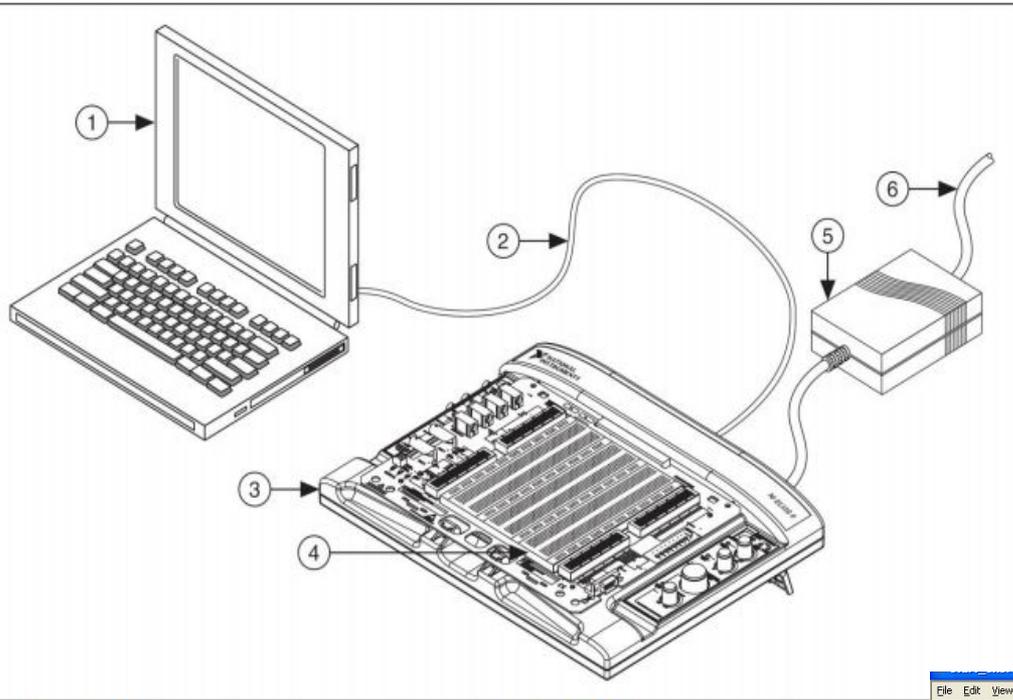
- и разрядность АЦП (количество двоичных разрядов, в которых хранится значение сигнала, число возможных значений квантованного сигнала равно 2^N , где N - число разрядов).
- Чем выше разрядность АЦП, с тем большей точностью можно хранить сигнал (мало Δx), но тем медленнее он работает (больше Δt).

- В системах цифрового телевидения, как правило, применяется равномерное квантование прошедших гамма-коррекцию сигналов с числом двоичных разрядов АЦП $n = 8$, что дает число уровней квантования $N_{KB} = 256$. При этих условиях шум квантования на изображении практически незаметен,
- На выходе АЦП полученный номер уровня квантования представляется в виде двоичного числа, т.е. кодируется (оцифровывается). Обычно используется прямой двоичный код. Значения цифрового сигнала представляются числами от 00000000 до 11111111 в порядке нарастания их величины.
- Квантование сигнала -- это нечто похожее, на дискретизацию во времени только данная процедура производится не со временем, а со значением сигнала x .
- Цифровую информацию можно передать по линии связи практически без потерь. При передаче сигнал сначала превращается в аналоговый, пересылается, после чего опять оцифровывается. Если линия связи вносит искажения в сигнал меньше чем шаг квантования, то после передачи и оцифровки полученный оцифрованный сигнал не будет отличаться от начального.

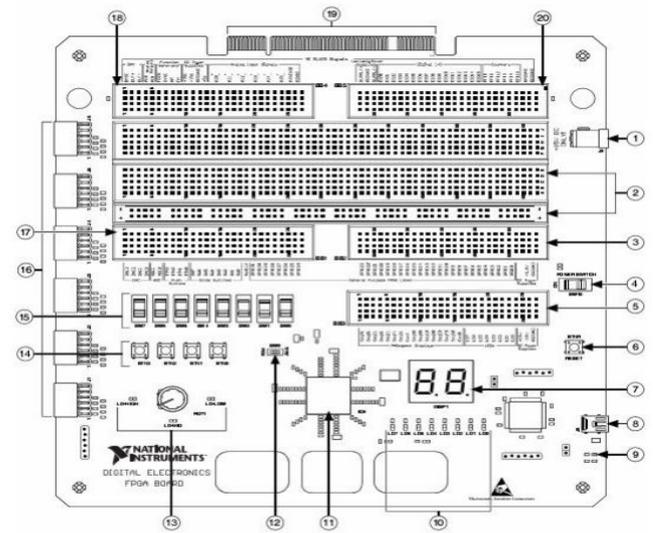
- При передаче двоичной информации по линии связи естественно слегка смещается время прибытия импульса, но если смещение меньше расстояния между импульсами, то место импульса в общей последовательности легко восстанавливается. Дополнительную защиту дает применение кодов с устранением ошибок (коды Хэмминга, Рида-Соломона и др.).
- Неравномерное квантование, чем быстрее изменяется плотность распределения сигнала, тем чаще отсчеты и наоборот.
- Квантование по уровню представляет собой нелинейный процесс. Следовательно, это преобразование связано с изменениями частотного состава сигнала изображения. Известны различные подходы к описанию частотных преобразований в процессе квантования, однако в общем случае анализ частотных преобразований сигнала оказывается сложным.
- Процедура квантования выполняется последовательно, т.е. каждое значение видеосигнала квантуется независимо от остальных отсчетов. Вместе с тем ошибки, вносимые при квантовании, можно уменьшить, если квантование производить относительно группы отсчетов (векторное квантование).

- Как видно из изложенного, процедура квантования выполняется последовательно, т.е. каждое значение видеосигнала квантуется независимо от остальных отсчетов. Вместе с тем ошибки, вносимые при квантовании, можно уменьшить, если квантование производить относительно группы отсчетов (векторное квантование).
- При совместном квантовании группы из n отсчетов квантованию подлежит вектор в n -мерном пространстве. В этом случае стоит задача не только выбора числа ячеек квантования, но их формы. Поиск способа квантования, при котором минимизируется среднеквадратическая ошибка квантования, привел к появлению блочного квантования.
- Более сложные алгоритмы используются при квантовании сигналов цветных изображений

Лабораторная работа



- 1 – Ноутбук
- 2 – USB кабель
- 3 – Настольная рабочая станция NI ELVIS II
- 4 – Макетная плата
- 5 – Блок питания (поставляется вместе с NI ELVIS II)
- 6 – Сетевой шнур питания



- 1 Разъём подключения источника питания
- 2 Разъёмы общего назначения зоны макетирования
- 3 Сигнальный разъём BB2 зоны макетирования
- 4 Выключатель питания
- 5 Сигнальный разъём BB3 зоны макетирования
- 7 Семисегментные индикаторы
- 8 Разъём USB
- 9 Светодиод LD-G
- 10 Светодиоды
- 11 ПЛИС
- 12 Переключатель SW 9
- 14 Кнопки
- 15 Движковые переключатели
- 16 Разъёмы Digilent Pmod
- 17 Сигнальный разъём BB1 зоны макетирования
- 18 Сигнальный разъём BB4 зоны макетирования
- 19 Разъём для подключения к NI ELVIS

File Edit View Project Operate

Running Continuously

Лабораторная работа

"Изучение основных принципов сжатия видеоизображения".

WEB-Camera

Пункт 1

Пункт 4

Пункт 2

Пункт 5

Пункт 3

Пункт 6

Main Application Instance

Page 1

Page 2

Выбор источника изображения

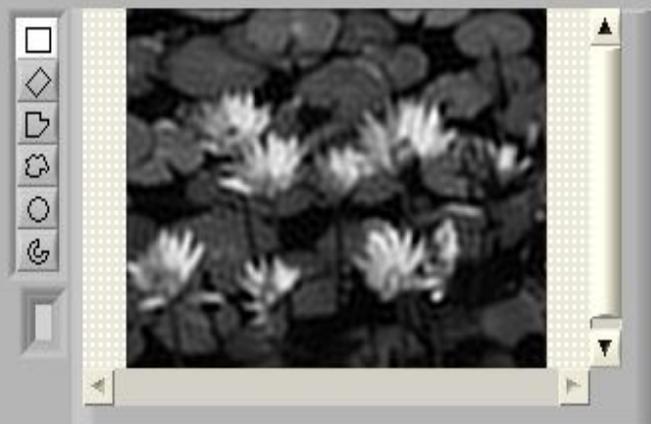
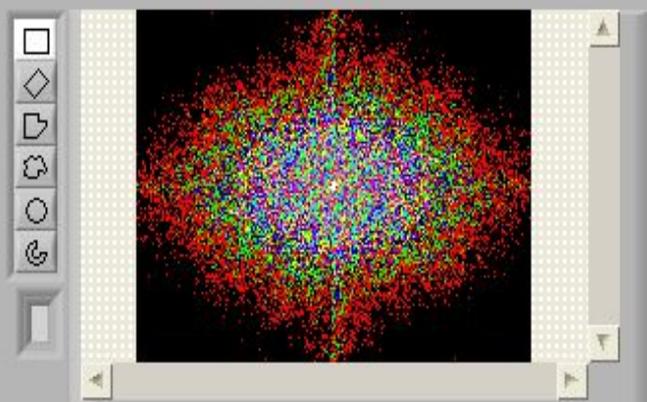
С компьютера

Исходный кадр

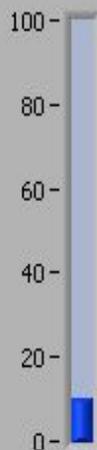


Выбор файла

C:\Водяные лилии.jpg



Полоса пропускания, %



10.00

BMP

JPG

481078

90120

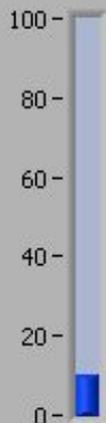
Размер отфильтрованного кадра
в двух стандартах (бит).
stop

STOP

Page 1

Page 2

Полоса пропускания, %



10.00

BMP

JPG

443446

91038

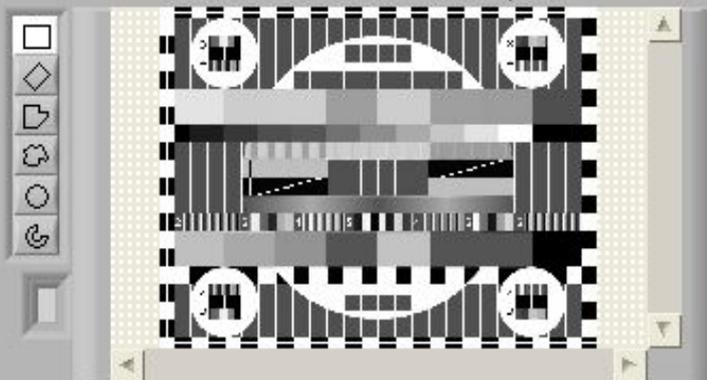
Размер отфильтрованного кадра
в двух стандартах (бит).
stop

STOP

Выбор источника изображения

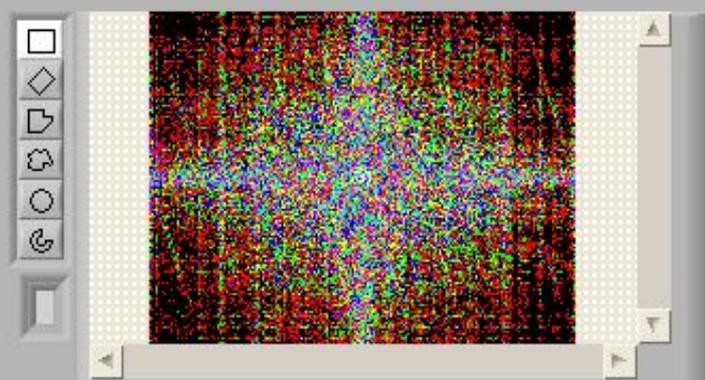
С компьютера

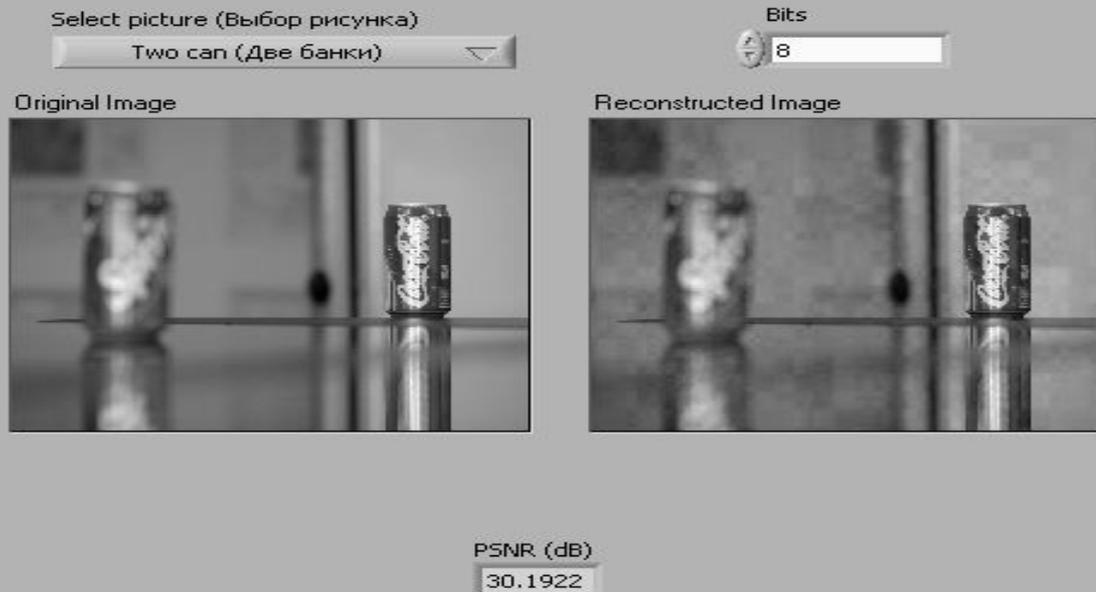
Исходный кадр



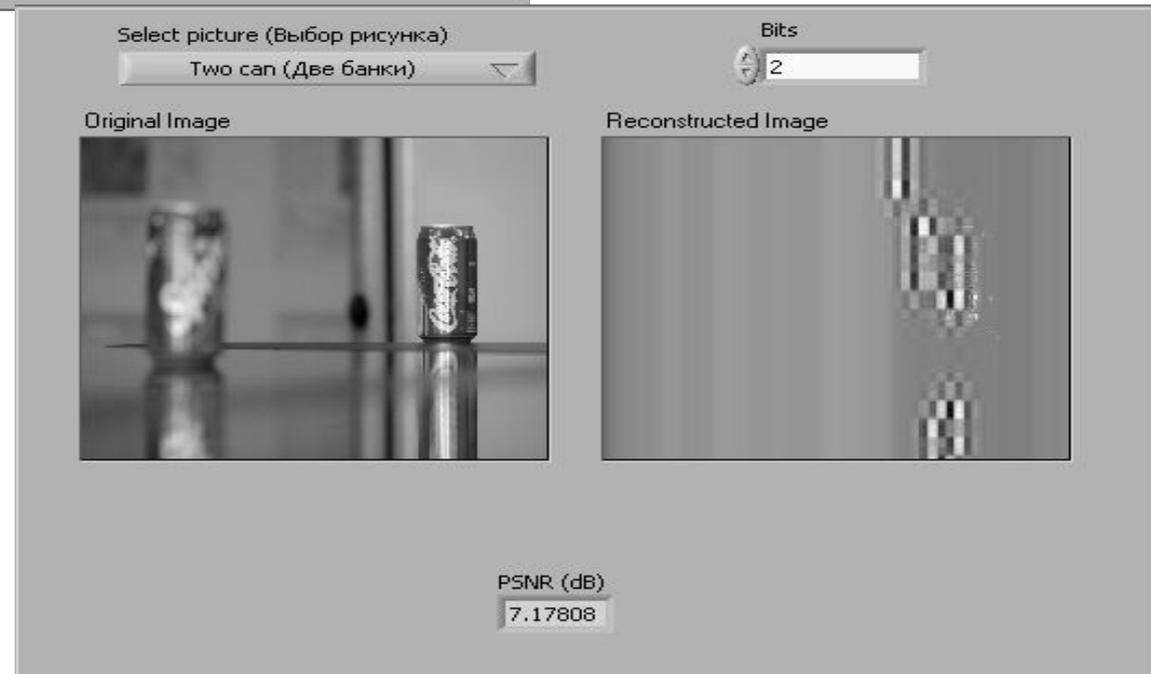
Выбор файла

C:\Испытательная телевизионная





«Изучение квантования коэффициентов ДКП»
число уровней квантования 8. Заметны искажения на плавных переходах.



Пример работы программы «Изучение квантования коэффициентов ДКП» число уровней квантования 2. Изображение полностью разрушено.

