

## ЛЕКЦИЯ 3

### ТЕМА: «ПОДХОДЫ К ПОНЯТИЮ ИНФОРМАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ».

#### План

1. Субъективный и кибернетический подход к определению понятия информации.
2. Содержательный, вероятностный и алфавитный подходы к измерению информации.
3. Информационные объекты различных видов.
4. Универсальность дискретного (цифрового) представления информации.
5. Представление информации в двоичной системе счисления.

#### 1. Субъективный и кибернетический подход к определению понятия информации.

**Информация** – одно из фундаментальных понятий современной науки. Сам термин “информация” происходит от лат. слова «informatio», что означает “сообщение, разъяснение”. Наряду с такими понятиями, как вещество и энергия, пространство и время, понятие информации составляет основу современной научной картины мира. Как и материя, пространство или время, информация не определяется через родовое понятие.

Невозможно однозначно определить, что же такое информация. Известно более четырехсот определений этого понятия. Каждый вариант определения информации обладает некоторой неполнотой.

#### **Субъективный подход к определению понятия “информация”.**

Вся жизнь человека постоянно связана с получением, накоплением и обработкой информации.

Информация является предметом интеллектуальной деятельности человека, продуктом этой деятельности. Информация для человека – знания, которые он получает из различных источников. Все что знает человек, он когда-то узнал родителей, из книг, личного практического опыта и сохранил в своей памяти. В свою очередь все, что написано в книгах, отражает знания авторов этих текстов, а потому это тоже информация.

Вопрос о классификации знаний – сложная научная проблема. Один из подходов к такой классификации заключается в делении знаний на декларативные (факты) и процедурные (правила).

К декларативным относятся знания об определенных явлениях (Земля вращается вокруг Солнца), событиях (Пушкин родился в 1799 году), свойствах объектов (Байкал – самое глубокое в мире озеро), зависимостях (квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов). Описание декларативных знаний можно начинать со слов “я знаю, что...”.

К процедурным относятся знания о действиях, которые нужно предпринять для достижения какой-либо цели (как собрать радиоприемник как решить уравнение и так далее). Описание процедурных знаний можно начинать со слов “я знаю, как...”.

#### **Кибернетический подход к определению понятия “информация”.**

**Кибернетика** – наука об общих законах управления и связи в природе и обществе. Основал кибернетику в конце 1940-х гг. американский ученый Норберт Винер. Кибернетика имеет дело со сложными системами, живыми организмами, общественными системами. Но она не стремится разобраться в их внутреннем механизме. Кибернетику интересуют процессы взаимодействия между такими системами или их компонентами.

Для описания сложных систем в кибернетике используется модель “черного ящика”. Он так называется потому, что неизвестно, что происходит внутри него. И главные его характеристики – входная и выходная информация. Информация между кибернетическими системами передается в виде некоторых последовательностей сигналов.

Информационные обмены происходят всюду: между людьми, между работающими совместно техническими устройствами, между различными органами человека или животного и т.п. Во всех этих случаях информация передается в виде последовательностей сигналов разной природы: акустических, световых, графических и др.

С точки зрения передаваемых сигнальных последовательностей. В частности, любой текст на каком-то языке есть последовательность букв или звуков, которые можно рассматривать как графически или акустические сигналы.

Передача сигналов требует определенных материальных и энергетических затрат. Например, при использовании электрических связи нужны провода и источники электроэнергии. Однако содержание сигналов не зависит от затрат вещества или энергии. В последовательностях сигналов закодированы содержание определенные смысловые символы, в которых и заключается содержание сигналов. Эти символы могут быть на каком-то языке или целыми понятиями.

Можно сказать, что информация – отражение реального (материального) мира, выражаемое в виде сигналов.

### **Содержательный подход к измерению информации.**

**Сообщение** – информационный поток, который в процессе передачи информации поступает к принимающему его субъекту. Это и речь, которую мы слушаем, и воспринимаемые нами зрительные образы, и текст книги, которую мы читаем и так далее.

Сообщение информативно, если оно пополняет знания человека, то есть несет для него информацию. Для разных людей одно и тоже сообщение, с точки зрения его информативности, может быть разным. Если сведения “старые” или содержание сообщения непонятно человеку, то такое сообщение для него неинформативно. Информативно только то сообщение, которое содержит новые и понятные сведения. Понятия “информация” и “информативность сообщения” различны. Так, например, вузовский учебник по высшей математике, безусловно, содержит информацию: в нем заключены знания авторов этого учебника, знания создателей математического аппарата и современных математиков. Но будет ли информативен текст этого учебника для первоклассника? Может ли первоклассник с помощью этого учебника пополнить свои знания? Очевидно, ответ отрицательный. Читая учебник, первоклассник ничего не поймет, а значит, не сможет обратить содержащую информацию в собственные знания.

Неопределенность знания о результате некоторого события – число возможных вариантов результата: при подбрасывании монеты их 2, кубика – 6.

Пере подбрасыванием монеты было возможно два равновероятных варианта исхода, а после получения сообщения о результате остался один – неопределенность знаний уменьшилось в два раза. Сообщение, уменьшающее неопределенность знаний в 2 раза, несет 1 бит информации.

Приблизительно можно считать, что количество информации в сообщении о результате события – количество вопросов, ответами на которые могут быть только “да” или “нет”, некоторое необходимо задать для прояснения ситуации. Причем, события должны быть равновероятны.

## **2. Содержательный, вероятностный и алфавитный подходы к измерению информации.**

**Информационный объём сообщения** (информационная ёмкость сообщения) - количество информации в сообщении, измеренное в битах, байтах или производных единицах (Кбайтах, Мбайтах и т.д.).

**Количество информации** - мера уменьшения неопределенности.

Количество технической информации - числовая характеристика сигнала, которая не зависит от его формы и содержания и характеризует неопределенность, которая исчезает после получения сообщения в виде данного сигнала. Оно зависит от вероятности получения сообщения о том или ином событии. Для абсолютно достоверного события (событие обязательно произойдет, поэтому его вероятность равна 1) количество информации в сообщении о нём равно 0. Чем невероятнее событие, тем большее количество информации несёт сообщение о нём. Лишь при равновероятных ответах ответ «да» или «нет» несёт один бит информации.

Понятие количества информации возникает в следующих типовых случаях:

1. Равенство вещественных переменных  $a=b$ , заключает в себе информацию о том, что  $a$  равно  $b$ . Про равенство  $a_2=b_2$  можно сказать, что оно несёт меньшую информацию, чем первое, т.к. из первого следует второе, но не наоборот. Равенство  $a_3=b_3$  несёт в себе информацию по объёму такую же, как и первое.

2. Пусть происходят некоторые измерения с некоторой погрешностью. Тогда чем больше будет проведено измерений, тем больше информации об измеряемой сущности будет получено.

3. Математическое ожидание некоторой случайной величины, содержит в себе информацию о самой случайной величине. Для случайной величины, распределенной по нормальному закону, с известной дисперсией знание математического ожидания даёт полную информацию о случайной величине.

4. Рассмотрим схему передачи информации. Пусть передатчик описывается случайной величиной,  $X$ , тогда из-за помех в канале связи на приёмник будет приходить случайная величина,  $Y=X+Z$ , где  $Z$  - это случайная величина, описывающая помехи. В этой схеме можно говорить о количестве информации, содержащейся в случайной величине,  $Y$ , относительно  $X$ . Чем ниже уровень помех (дисперсия  $Z$  мала), тем больше информации можно получить из  $Y$ . При отсутствии помех  $Y$  содержит в себе всю информацию об  $X$ .

**Мерой количества информации**, связанной с тем или иным объектом или явлением, может служить редкость его встречаемости или сложность его структуры.

В компьютерной технике измерению обычно подвергается информация, представленная дискретным сигналом.

При этом различают следующие подходы:

**1. Структурный (алфавитный, объёмный).** Измеряет количество информации простым подсчётом информационных элементов, составляющих сообщение. Применяется для оценки возможностей запоминающих устройств, объёмов передаваемых сообщений, инструментов кодирования без учета статистических характеристик их эксплуатации. Алфавитный подход к измерению информации не связывает количество информации с содержанием сообщения. Это объективный подход к измерению информации. Количество информации зависит от объёма текста и мощности алфавита. Ограничений на максимальную мощность алфавита нет, но есть достаточный алфавит мощностью 256 символов. Этот алфавит используется для представления текстов в компьютере. Поскольку  $256=2^8$ , то один символ несёт в тексте 8 бит информации.

**2. Статистический (вероятностный).** Учитывает вероятность появления сообщений: более информативным считается то сообщение, которое менее вероятно, т.е. менее всего ожидалось. Применяется при оценке значимости получаемой информации. Все события происходят с различной вероятностью, но зависимость между вероятностью событий и количеством информации, полученной при совершении того или иного события можно выразить формулой Шеннона.

**3. Семантический (содержательный).** Учитывает целесообразность и полезность информации. Применяется при оценке эффективности получаемой информации и её соответствия реальности.

*Сообщение* – информативный поток, который в процессе передачи информации поступает к приемнику. Сообщение несёт информацию для человека, если содержащиеся в нем сведения являются для него новыми и понятными. Информация - знания человека - сообщение должно быть информативно. Если сообщение не информативно, то количество информации с точки зрения человека = 0.

(Пример: вузовский учебник по высшей математике содержит знания, но они не доступны первокласснику).



Рис. 2.1 – Измерение информации

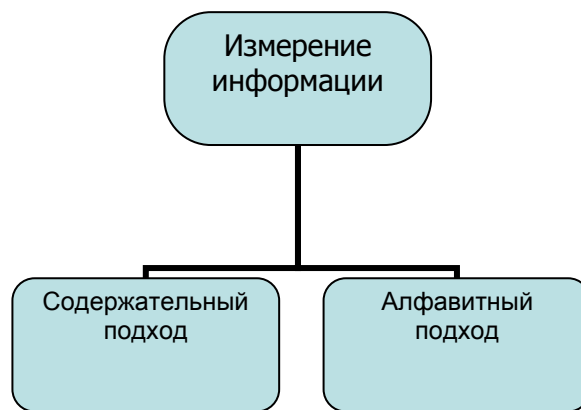


Рис. 2.2 – Подходы к измерению информации

**Содержательный подход к измерению информации.**

Для человека информация — это знания. Если получение новой информации приводит к расширению знаний, то можно говорить, что такое сообщение содержит информацию. Говорят, что сообщение информативно если оно пополняет знания человека. Например, прогноз погоды на завтра — информативное сообщение, а сообщение о вчерашней погоде неинформативно, т.к. нам это уже известно. Основоположником этого подхода является американский учёный Клод Элвуд Шеннон (1916 — 2001).

По Шеннону, информация — уменьшение неопределенности наших знаний. Неопределенность некоторого события — это количество возможных исходов данного события.

Так, например, если из колоды карт наугад выбирают карту, то неопределенность равна количеству карт в колоде.

При бросании монеты неопределенность равна 2.

Единица измерения информации была определена в науке, которая называется теорией информации. Эта единица носит название «бит».

Ее определение звучит так:

**«Сообщение, уменьшающее неопределенность знаний в два раза, несет 1 бит информации.»**

Неопределенность знаний о некотором событии — это количество возможных результатов события.

Тогда можно записать формулу:

$$2^i = N$$

*N* - количество исходов события

*i* - количество информации об одном событии

**Пример:**

На книжном стеллаже восемь полок. Книга может быть поставлена на любую из них. Сколько информации содержит сообщение о том, где находится книга?

Решение:

$$N = 8. \quad i - ?$$

$$2^i = N$$

$$2^i = 8$$

$$2^i = 2^3$$

$$i = 3 \text{ бита}$$

Ответ: сообщение о том, что книга находится на любой из полок равно 3 бита.

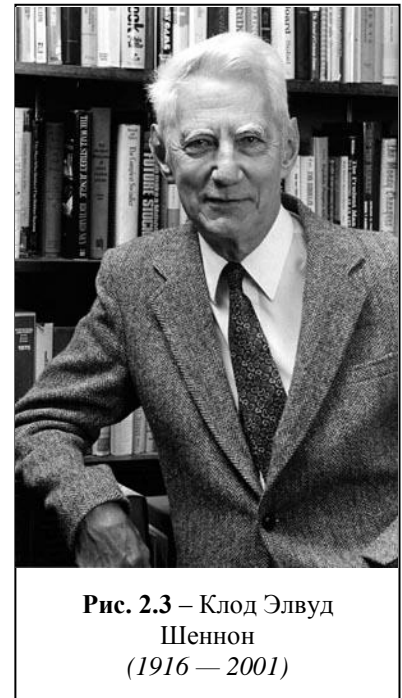
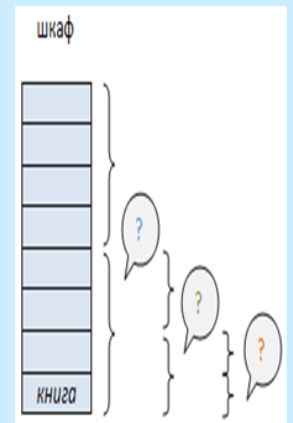


Рис. 2.3 – Клод Элвуд Шеннон (1916 — 2001)



### Алфавитный подход к измерению информации.

Алфавитный подход к измерению количества информации основан на подсчете числа символов в сообщении.

При алфавитном подходе к определению количества информации **отвлекаются от содержания** информации и рассматривают информационное сообщение как **последовательность знаков** определенной знаковой системы.

**Все множество** используемых в языке **символов** будем традиционно называть алфавитом.

Обычно под алфавитом понимают только буквы, но поскольку в тексте могут встречаться знаки препинания, цифры, скобки, то мы их тоже включим в алфавит. В алфавит также следует включить и пробел, т.е. пропуск между словами.

Полное количество символов алфавита принято называть мощностью алфавита.

*При алфавитном подходе к измерению информации количество информации зависит не от содержания, а от размера текста и мощности алфавита.*

Информационный объем текста ( $I$ ), содержащего  $K$  символов вычисляют по формуле:

$$I = K * i$$

где  $I$  - информационный объем текста,

$K$  - количество символов в тексте,

$i$  - информационный объем одного символа.

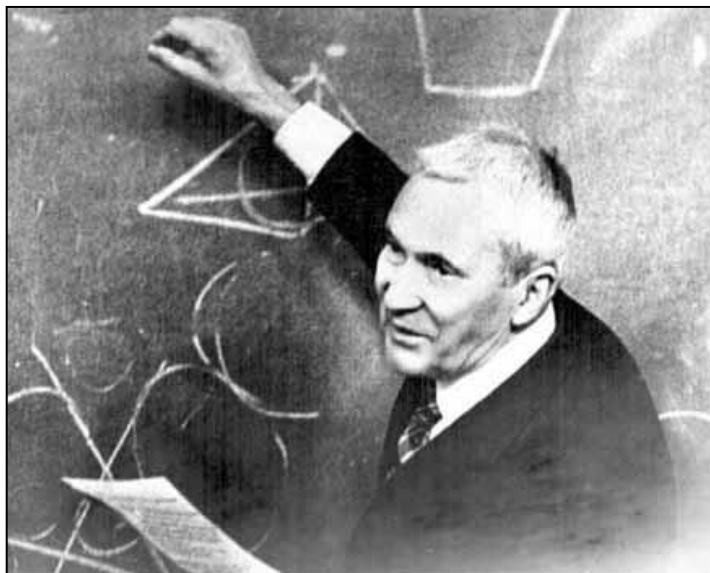


Рис. 2.4 – Андрей Николаевич Колмогоров (1903-1987)

Основоположником этого подхода является Андрей Николаевич Колмогоров (1903-1987), великий российский ученый-математик.

**Скорость передачи информации – количество переданной информации в единицу времени.**

$$V = \frac{I}{t}$$

, где

$V$  — скорость передачи информации,

$I$  — количество информации в сообщении,

$t$  — время, затраченное на передачу сообщения.

Единицей измерения скорости передачи информации является бит в секунду.

В рамках алфавитного (структурного) подхода выделяют три меры информации:

1) **Геометрическая.** Определяет максимально возможное количество информации в заданных объемах. Мера может быть использована для определения информационной ёмкости памяти компьютера;

2) **Комбинаторная.** Оценивает возможность представления информации при помощи различных комбинаций информационных элементов в заданном объеме. Комбинаторная мера может использоваться для оценки информационных возможностей некоторой системы кодирования.

3) **Аддитивная** (мера Хартли).

**Геометрическая мера** определяет максимально возможное количество информации в заданных объёмах. Единица измерения – информационный элемент. Мера может быть использована для определения информационной ёмкости памяти компьютера. В этом случае в качестве информационного элемента выступает минимальная единица хранения – **бит**.

БИТ- это наименьшая единица измерения информации.

**Пример 1.** Пусть сообщение, состоящее из 14 символов) 5555 6666 888888 закодировано методом кодирования повторений – и имеет вид: 5(4) 6(4) 8(6). Требуется измерить информацию в исходном и закодированном сообщениях геометрической мерой и оценить эффективность кодирования. В качестве информационного элемента зададимся символом сообщения. Тогда:  $I(\text{исх.}) = n(\text{исх.}) = 14$  символов;  $I(\text{закод.}) = n(\text{закод.}) = 12$  символов, где  $I(\text{исх.})$ ,  $I(\text{закод.})$  – количества информации, соответственно, в исходном и закодированном сообщениях;  $n(\text{исх.})$ ,  $n(\text{закод.})$  – длины (объёмы) тех же сообщений, соответственно. Эффект кодирования определяется как разница между  $I(\text{исх.})$  и  $I(\text{закод.})$  и составляет 2 символа.

Очевидно, геометрическая мера не учитывает, какими символами заполнено сообщение. Так, одинаковыми по количеству информации, измеренной геометрической мерой, являются, например, сообщения «компьютер» и «программа»; а также 346 и 10В.

**Комбинаторная мера** оценивает возможность представления информации при помощи различных комбинаций информационных элементов в заданном объёме. Использует типы комбинаций элементов и соответствующие математические соотношения, которые приводятся в одном из разделов дискретной математики – комбинаторике.

Комбинаторная мера может использоваться для оценки информационных возможностей некоторого автомата, который способен генерировать дискретные сигналы (сообщения) в соответствии с определенным правилом комбинаторики. Пусть, например, есть автомат, формирующий двузначные десятичные целые положительные числа (исходное множество информационных элементов  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ ). В соответствии с положениями комбинаторики, данный автомат генерирует размещения (различаются числа, например, 34 и 43) из 10 элементов (используются 10 цифр) по 2 (по условию задачи, формируются двузначные числа) с повторениями (очевидно, возможны числа, состоящие из одинаковых цифр, например, 33). Тогда можно оценить, сколько различных сообщений (двузначных чисел) может сформировать автомат, иначе говоря, можно оценить информационную ёмкость данного устройства равна  $10_2 = 100$ .

Комбинаторная мера используется для определения возможностей кодирующих систем.

**Пример 2.** Определить ёмкость ASCII-кода, представленного в двоичной или шестнадцатеричной системе счисления. ASCII-код – это сообщение, которое формируется как размещение с повторениями: 1) для двоичного представления – из информационных элементов  $\{0, 1\}$ , сообщение длиной (объёмом) 8 символов; 2) для шестнадцатеричного представления – из информационных элементов  $\{0, 1, 2, \dots, A, B, C, \dots, F\}$ , сообщение длиной (объёмом) 2 символа. Тогда в соответствии с положениями комбинаторики:  $I_{\text{двоичное}} = 2^8 = 256$ ;  $I_{\text{шестнадцатеричное}} = 16^2 = 256$ , где  $I_{\text{двоичное}}$ ,  $I_{\text{шестнадцатеричное}}$  – количества информации, соответственно, для двоичного и шестнадцатеричного представления ASCII-кода. Таким образом, ёмкость ASCII-кода для двоичного и шестнадцатеричного представления одинакова и равна 256.

Комбинаторная мера является развитием геометрической меры, т. к. помимо длины сообщения учитывает объём исходного алфавита и правила, по которым из его символов строятся сообщения. Ею измеряется информация не конкретного сообщения, а всего множества сообщений, которые могут быть получены.

Единицей измерения информации в комбинаторной мере является число комбинаций информационных элементов.

**Аддитивная мера** называется мерой Хартли. Хартли рассмотрел кодировку сообщения с помощью некоторого набора знаков (если для данного набора установлен порядок следования знаков, то он называется алфавитом). Самой сложной частью работы оказалось определение количества информации, содержащейся в каждом отдельном символе: остальная часть процедуры весьма проста.



**Алфавит** – вся совокупность символов, используемых в некотором языке для представления информации.

С целью анализа некоторого текста, введём обозначения:

$N$  – мощность алфавита, использованного для написания текста, т.е. число символов в алфавите (размер алфавита);

$n$  – число символов в сообщении (длина текста, например, одного слова);

$I$  – количество информации в сообщении;

$i = I/n$  – информационный вес символа (количество информации в одном символе).

Если речь идёт не об анализе текста, передаваемого в сообщении, а об описании каких-либо событий, то приводимый ниже математический аппарат полностью сохраняется, если под используемыми обозначениями понимать:  $N$  – общее число возможных исходов;  $n$  – число возможных исходов интересующего нас события (здесь все возможные события считаются равновероятными),  $I$  – количество информации о всех случившихся событиях;  $i$  – количество информации в сообщении о том, что произошло одно из  $N$  событий.

Предположим, что какое-то событие имеет  $N_a$  равновероятных исходов. Пусть такие события наступают в передаваемом по каналам связи сообщении, которое представлено в виде набора некоторых смысловых элементов или символов (например, букв какого-то алфавита). Здесь событием является появление любого символа из алфавита. Пусть далее в языке, использованном для написания текста этого сообщения, общее количество (объём алфавита) смысловых символов (букв) равно  $N_a$ , а одно сообщение составлено из  $n$  элементов (если сообщение состоит из одного слова, то  $n$  – количество букв в слове, т.е. длина слова; если сообщение состоит из многих слов, то  $n$  – число знаков во всём тексте).

Вопрос: как измерить количество информации, которое может быть передано при помощи такого алфавита?

Необходимо посчитать число  $N$  возможных сообщений, которые могут быть переданы при помощи этого алфавита. Очевидно, что если сообщение формируется из одного символа, то  $N = N_a$ , если из двух, то  $N = N_a \cdot N_a = N_a^2$ . Если сообщение содержит  $n$  символов, то число возможных сообщений  $N = N_a^n$ .

Если сообщение – это текст, состоящий только из отдельных букв алфавита, причём вероятности появления конкретной буквы в тексте одинаковы,  $n=1$  (текст – случайный набор букв), то  $N = N_a$ . Если события передаются последовательностью цифр некоторой разрядности, то, естественно,  $N \neq N_a$ , а  $n$ -разрядность числа.

Так, например, с помощью двухразрядного десятичного числа ( $n=2$ ,  $N_a = 10$ ) можно записать  $N = 10^2 = 100$  различных чисел от 0 до 99. В частности, при средней длине русского слова  $n = 5$  букв и алфавите в  $N_a = 32$  буквы можно составить 33,5 млн. различных слов.

Казалось бы, искомая мера количества информации найдена. Её можно понимать как меру неопределенности исхода опыта, если под опытом подразумевать случайный выбор какого-либо сообщения из некоторого числа возможных. Мера это, однако, не удобна, так как:

1) Не выполняется условие пропорциональности между длиной слова (длительностью сигнала) и количеством содержащейся в нём информации. Между тем удвоение времени передачи сообщений должно приводить к удвоению количества передаваемой информации. Для двух независимых источников сообщений (или алфавита) с  $N_1$  и  $N_2$  числом возможных сообщений, общее число возможных сообщений  $N = N_1 \cdot N_2$ , в то время как логичнее было бы считать, что количество информации, получаемое от двух независимых источников, должно быть не произведением, а суммой составляющих величин

2) При наличии алфавита, состоящего из одного символа, т.е. когда  $N_a = 1$ , возможно появление только этого символа. Следовательно, неопределенности в этом случае не существует, и появление этого символа не несёт никакой информации. Между тем, значение  $N$  при  $N_a = 1$  обращается в нуль.

Р. Хартли предложил в качестве меры количества информации использовать логарифм числа возможных сообщений

Выход из положения был найден Р. Хартли, который предложил информацию  $I$ , приходящуюся на одно сообщение, определять логарифмом по некоторому основанию  $a$  от общего числа возможных сообщений  $N$ :

$$I(N) = \log_a N$$

Если же всё множество возможных сообщений состоит из одного ( $N = N_a = 1$ ), то  $I(N) = \log 1 = 0$ , что соответствует отсутствию информации в этом случае. При наличии независимых источников информации с  $N_1$  и  $N_2$  числом возможных сообщений

$$I(N) = \log N = \log N_1 N_2 = \log N_1 + \log N_2,$$

т.е. количество информации, приходящееся на одно сообщение, равно сумме количеств информации, которые были бы получены от двух независимых источников, взятых порознь. Формула, предложенная Хартли, удовлетворяет предъявленным требованиям. Поэтому её можно использовать для измерения количества информации.

Полная информация, содержащаяся в сообщении, определяется как количество сведений (при их длине  $n$ ) пропорциональное числу смысловых символов  $N$  *формулой Хартли*:

$$I = n \log_a N$$

Согласно этому соотношению, количество информации в передаваемом сообщении пропорционально его длительности (числу символов). Выбор основания логарифма  $a$  влияет только на размерность, т.е. на единицу измерения количества информации. Наиболее удобным оказалось основание логарифма  $a = 2$ .

Хартли впервые ввёл специальное обозначение для количества информации –  $I$  и предложил следующую логарифмическую зависимость между количеством информации и мощностью исходного алфавита (для равновероятных событий, а у Хартли они именно равновероятные,  $N = N_a$ ):

$$I = n \log_a N = n \cdot i \quad \text{т.е.} \quad N = 2^{i/n}$$

Количество информации, содержащееся в одном элементе сигнала, называют *удельной информативностью* или *энтропией* сигнала:

$$N = 2^{i/n} \quad \text{или} \quad i = n \log_2 N$$

По существу энтропия есть мера неопределенности или мера недостающей информации исследуемого процесса (сообщения). В частности, энтропия русского алфавита (32 знака) равна  $H = 5$  бит/символ.

$$i = n \log_a N$$

где  $a$  – основание логарифма. Если алфавит построен на двоичной системе  $\{0,1\}$ , т.е.  $a=2$ , то

$$N = 2^{i/n},$$

и формула Хартли приобретает вид

$$I = n \log_2 N$$

При  $n = 1$ ;  $N = 2$  и основании логарифма, равном  $a=2$ , имеем  $I = 1 \cdot \log_2 2 = 1$  – аналитическое определение бита по Хартли: это количество информации, которое содержится в двоичной цифре. Единицей измерения информации в аддитивной мере является бит.

Если хотят отразить подход Хартли на языке теории вероятности, то вводят понятие вероятности реализации одного из  $N$  событий, (по Хартли они имеют равновероятный исход,  $N_a = N$ ),  $Np = 1$ . Тогда  $p = 1/N$  и  $Np = 1$ , где  $n$  – число возможных исходов интересующего нас события и

$$i = \log_2 N = \log_2 N_a = \log_2 (1/p) = - \log_2 p$$

т.е. количество информации на каждый равновероятный сигнал равно отрицательному логарифму от вероятности отдельного сигнала.

Из формулы

$$i = - \log_2 p$$

очевидно, что чем вероятнее событие, тем меньше информации оно несёт.

Полученная формула позволяет для некоторых случаев определить количество информации. Однако для практических целей необходимо задаться единицей его измерения. Для этого предположим, что информация – это устраненная неопределенность. Тогда в простейшем случае неопределенности выбор будет производиться между двумя взаимоисключающими друг друга равновероятными сообщениями, например между двумя качественными признаками: положительным и отрицательным импульсами, импульсом и паузой и т.п. Количество



информации, переданное в этом простейшем случае, наиболее удобно принять за единицу количества информации. Именно такое количество информации может быть получено, если в формуле Хартли брать логарифм по основанию  $a=2$ . Тогда

$$I = -\log_2 p = -\log_2(1/2) = \log_2 2 = 1$$

Полученная единица количества информации, представляющая собой выбор из двух равновероятных событий, получила название двоичной единицы, или бита.

За единицу количества информации в системах передачи дискретных и цифровых сообщений был принят один бит (binary digit - двоичная цифра) - двоичный разряд - символ, принимающий значение 0 или 1. Так, символы 101 есть 3-битовое число. Бит является не только единицей количества информации, но и единицей измерения степени неопределенности. При этом имеется в виду неопределенность, которая содержится в одном опыте, имеющем два равновероятных исхода.

Данная мера представления является универсальной и позволяет сравнить различные сообщения и количественно определить ценность различных источников информации, оценить величину её потерь при передаче, приёме, обработке, хранении, использовании и т. д. Как уже упоминалось, в цифровой технике (компьютерах) в качестве единицы представления данных используется байт (byte - слог) - слово (набор) из восьми двоичных разрядов (битов). Легко посчитать, что байтом можно передать одно из  $2^8 = 256$  различных сообщений.

На количество информации, получаемой из сообщения, влияет фактор неожиданности его для получателя, который зависит от вероятности получения того или иного сообщения. Чем меньше эта вероятность, тем сообщение более неожиданно и, следовательно, более информативно. Сообщение, вероятность которого высока и, соответственно, низка степень неожиданности, несет немного информации.

Р.Хартли понимал, что сообщения имеют различную вероятность и, следовательно, неожиданность их появления для получателя неодинакова. Но, определяя количество информации, он пытался полностью исключить фактор «неожиданности». Поэтому формула Хартли позволяет определить количество информации в сообщении только для случая, когда появление символов равновероятно и они статистически независимы. На практике эти условия выполняются редко. При определении количества информации необходимо учитывать не только количество разнообразных сообщений, которые можно получить от источника, но и вероятность их получения. Для событий, вероятность наступления которых не одинакова, формулу для расчёта вероятности, предложил К.Шеннон уже не как аддитивную, а как вероятностную меру.

При выводе своей формулы Хартли предполагал, что буквы в тексте появляются с одинаковой вероятностью. Это - грубая модель, но зато очень простая. Если применять формулу Хартли не к тексту, а к событиям, то она применима исключительно для анализа равновероятных событий. Для событий, реализующихся с разной вероятностью, вычисление информации следует проводить по формуле Шеннона.

**Пример 3.** Рассчитать количество информации, которое содержится в шестнадцатеричном и двоичном представлении ASCII-кода для числа 1. В соответствии с таблицей ASCII-кодов имеем: шестнадцатеричное представление числа 1 – 31, двоичное представление числа 1 – 00110001. Тогда по формуле Хартли получаем: для шестнадцатеричного представления  $I = 2\log_2 16 = 8$  бит; для двоичного представления  $I = 8 \log_2 2 = 8$  бит. Таким образом, разные представления ASCII-кода для одного символа содержат одинаковое количество информации, измеренной аддитивной мерой.

В целом алфавитный подход основан на определении количества информации в каждом из знаков дискретного сообщения с последующим подсчётом количества этих знаков в сообщении. В простейшем варианте он заключается подсчёте числа символов в сообщении, т. е. связан только с длиной сообщения и не учитывает его содержания. Длина сообщения зависит от числа знаков, употребляемых для записи сообщения. Например, слово «мир» в русском алфавите записывается тремя знаками, в английском - пятью (peace), а в КОИ -8 - двадцатью четырьмя битами (111011011110100111110010).

#### **Статистический (вероятностный).**

Учитывает вероятность появления сообщений: более информативным считается то сообщение, которое менее вероятно, т. е. менее всего ожидалось. Применяется при оценке значимости получаемой информации.

В 30-х г. XX в. американский ученый Клод Шеннон предложил связать количество информации, которое несет в себе некоторое сообщение, с вероятностью получения этого сообщения.

Вероятность  $p$  – количественная априорная (т. е. известная до проведения опыта) характеристика одного из исходов (событий) некоторого опыта. Измеряется в пределах от 0 до 1. Если заранее известны все исходы опыта, сумма их вероятностей равна 1, а сами исходы составляют полную группу событий. Если все исходы могут свершиться с одинаковой долей вероятности, они называются равновероятными.

Р. Хартли в 1928 г. процесс получения информации рассматривал как выбор одного сообщения из конечного наперед заданного множества из  $N$  равновероятных сообщений, а количество информации  $I$ , содержащееся в выбранном сообщении, определял как двоичный логарифм  $N$ .

Согласно формуле Р. Хартли:  $I = \log_2 N$  – количество информации, которое вмещает один символ  $N$ -элементного алфавита, равно  $\log_2 N$ .

#### **Пример.**

Допустим, нужно угадать одно число из набора чисел от единицы до ста. По формуле Хартли можно вычислить, какое количество информации для этого требуется:  $I = \log_2 100 = 6,644$ .

Таким образом, сообщение о верно угаданном числе содержит количество информации, приблизительно равное 6,644 единицы информации.

Клод Шеннон в 1948 г. предложил формулу определения количества информации, учитывающую возможную неодинаковую вероятность сообщений в наборе.

Каждому сигналу присваивалась определённая вероятность его появления.

Чем меньше вероятность появления того или иного сигнала, тем больше он несёт информации.

Формула К. Шеннона:

$$I = \sum_{i=1}^n p(i) \cdot \log_2 \frac{1}{p(i)},$$

где  $p_i$  – вероятность появления  $i$ -го сигнала;

$N$  – количество возможных сигналов.

Количество информации здесь представляется как результат выбора из набора возможных вариантов. В качестве единицы информации Клод Шеннон предложил принять один бит.

#### **Единицы измерения информации.**

В теории информации под количеством информации, необходимым для различения двух равновероятных сообщений (типа "орел – решка", "чёт – нечёт" и т. п.), понимается 1 бит (англ. bit, binary digit – двоичная цифра).

В вычислительной технике **битом** называют наименьшую "порцию" памяти компьютера, необходимую для хранения одного из двух знаков "0" и "1", используемых для внутримашинного представления данных и команд.

Последовательность из восьми двоичных знаков, применяемая в кодах для представления символов входных алфавитов, называется **байтом**.

**Байт** (англ. *byte*) – это единица хранения и обработки цифровой информации. Чаще всего байт считается равным восьми битам, в этом случае он может принимать одно из 256 различных значений. Ниже приведён список наиболее распространённых более крупных двоичных единиц и показаны соотношения между ними.

Если в качестве единицы информации мы выберем количество информации, необходимое для различения, например, десяти равновероятных сообщений, то это будет не двоичная (бит), а десятичная (дит) единица информации.



### 3. Информационные объекты различных видов.

**Информационный объект** – обобщающее понятие, описывающее различные виды объектов; это предметы, процессы, явления материального или нематериального свойства, рассматриваемые с точки зрения их информационных свойств.

**Простые** информационные объекты: звук, изображение, текст, число. **Комплексные** (структурированные) информационные объекты: элемент, база данных, таблица, гипертекст, гипермедиа.

Информация содержится везде. Дерево содержит собственную генетическую информацию, и только благодаря этой информации от семечка берёзы вырастает только берёза. Для деревьев источником информации является воздух, именно по уровню состояния воздуха дерево может определить время распускания почек. Перелетные птицы знают свой маршрут перелёта, и каждая стая идёт только своим заданным в генах маршрутом.

Стремление зафиксировать, сохранить надолго свое восприятие информации было всегда свойственно человеку. Мозг человека хранит множество информации, и использует для хранения ее свои способы, основа которых — **двоичный код**, как и у компьютеров. Человек всегда стремился иметь возможность поделиться своей информацией с другими людьми и найти надежные средства для ее передачи и долговременного хранения. Для этого в настоящее время изобретено множество способов хранения информации на внешних (относительно мозга человека) носителях и ее передачи на огромные расстояния.

Основные виды информации по ее форме представления, способам ее кодирования и хранения:

- **графическая или изобразительная** — первый вид, для которого был реализован способ хранения информации об окружающем мире в виде наскальных рисунков, а позднее в виде картин, фотографий, схем, чертежей;

- **звуковая** — мир вокруг нас полон звуков, и задача их хранения и тиражирования была решена с изобретением звукозаписывающих устройств в 1877 г.

Разновидностью звуковой информации является музыкальная информация — для этого вида был изобретен способ кодирования с использованием специальных символов, что делает возможным хранение ее аналогично графической информации;

- **текстовая** — способ кодирования речи человека специальными символами — буквами, причем разные народы имеют разные языки и используют различные наборы букв (алфавиты) для отображения речи; особенно большое значение этот способ приобрел после изобретения бумаги и книгопечатания;

- **числовая** — количественная мера объектов и их свойств в окружающем мире; особенно большое значение приобрела с развитием торговли, экономики и денежного обмена; аналогично текстовой информации для ее отображения используется метод кодирования специальными символами — цифрами, причем системы кодирования (счисления) могут быть разными;

- **видеоинформация** — способ сохранения «живых» картин окружающего мира, появившийся с изобретением кино.

Существуют также виды информации, для которых до сих пор не изобретено способов их кодирования и хранения — это *тактильная* информация, передаваемая ощущениями, *органолептическая*, передаваемая запахами и вкусами и др.

Для передачи информации на большие расстояния первоначально использовались кодированные световые сигналы, с изобретением электричества — передача закодированного определенным образом сигнала по проводам, позднее — с использованием радиоволн.

Создатель общей теории информации и основоположник цифровой связи Клод Шеннон впервые обосновал возможность применения *двоичного кода* для передачи информации.

С появлением компьютеров (или, как их вначале называли в нашей стране, ЭВМ — электронные вычислительные машины) вначале появилось средство для обработки числовой информации. Однако в дальнейшем, особенно после широкого распространения персональных компьютеров (ПК), компьютеры стали использоваться для хранения, обработки, передачи и поиска текстовой, числовой, изобразительной, звуковой и видеоинформации. С момента появления первых персональных компьютеров (80-е годы XX века) — до 80 % их рабочего времени посвящено работе с текстовой информацией.

Хранение информации при использовании компьютеров осуществляется на магнитных дисках или лентах, на лазерных дисках (CD и DVD), специальных устройствах энергонезависимой памяти (флэш-память и пр.). Эти методы постоянно совершенствуются, изобретаются новые устройства и носители информации.

Особым видом информации в настоящее время можно считать информацию, представленную в глобальной сети Интернет. Здесь используются особые приемы хранения, обработки, поиска и передачи распределенной информации больших объемов и особые способы работы с различными видами информации.

С помощью компьютера возможно создание, обработка и хранение информационных объектов любых видов, для чего служат специальные программы.

#### **Информационный объект:**

- обладает определенными потребительскими качествами (т.е. он нужен пользователю);
- допускает хранение на цифровых носителях в виде самостоятельной информационной единицы (файла, папки, архива);
- допускает выполнение над ним определенных действий путем использования аппаратных и программных средств компьютера.

В таблице приведены основные виды программ и соответствующие информационные объекты, которые с их помощью создаются и обрабатываются.

Программы	Информационные объекты
Текстовые редакторы и процессоры	Текстовые документы
Графические редакторы и пакеты компьютерной графики	Графические объекты: чертежи, рисунки, фотографии
Табличные процессоры	Электронные таблицы
СУБД – системы управления базами данных	Базы данных
Пакеты мультимедийных презентаций	Компьютерные презентации
Клиент-программа электронной почты	Электронные письма, архивы, адресные списки
Программа-обозреватель Интернета (браузер)	Web-страницы, файлы из архивов Интернета

#### **4. Универсальность дискретного (цифрового) представления информации.**

Необходимо подумать об информации как о сигнале. Известно, что сигнал рассматривается с позиции носителя информации по техническим средствам передачи. Какие виды информации различают в системах передачи информации?

Для передачи информации, или, правильнее сказать, данных, используется физический процесс, который может быть описан математической формулой и называется сигналом. Именно сигналы различают по способу их представления как аналоговые и дискретные (см. рис. 4.1 и 4.2).

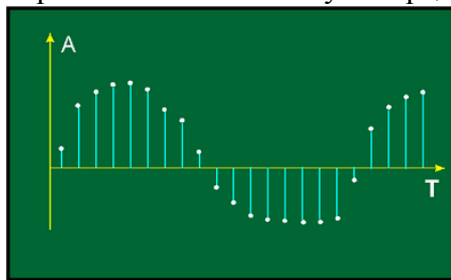


Рис. 4.1 – Аналоговый сигнал

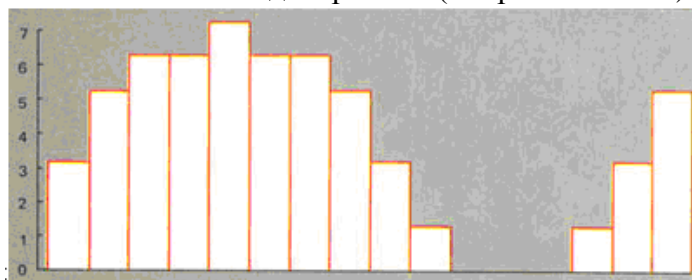


Рис. 4.2 – Дискретный сигнал

В литературе постоянно ставят знак равенства между дискретными и цифровыми сигналами. Но их все-таки необходимо их различать.

### **Каковы различия между аналоговыми, дискретными и цифровыми сигналами?**

Аналоговая информация характеризуется плавным изменением ее параметров. Основные параметры наиболее простых синусоидальных аналоговых сигналов могут непрерывно и плавно меняться.

Дискретная информация базируется на ряде фиксированных уровней представления заданных параметров, взятых в определенные промежутки времени. Если этих уровней много, можно говорить о цифровом представлении информации, то есть когда в определенные дискретные моменты они принимают конкретные дискретные значения. К счастью, аналоговую информацию легко преобразовать в цифровую. Это делают так называемые аналогоцифровые преобразователи (АЦП). Обратное преобразование обеспечивают цифроаналоговые преобразователи (ЦАП).

В качестве носителей аналоговой информации могут использоваться различные физические величины, принимающие различные значения на некотором интервале, например, электрический ток, радиоволна и т.д. При дискретизации, то есть при преобразовании непрерывных изображений и звука в набор дискретных значений в форме кодов, за основу берется какое-либо конкретное значение, а любые другие, отличающиеся от нормы, просто игнорируются.

### **Какие устройства можно отнести к аналоговым, а какие – к дискретным?**

#### **Аналоговыми устройствами являются:**

Телевизор - луч кинескопа непрерывно перемещается по экрану, чем сильнее луч, тем ярче светится точка, в которую он попадает; изменение свечения точек происходит плавно и непрерывно;

Проигрыватель грампластинок – чем больше высота неровностей на звуковой дорожке, тем громче звучит звук;

телефон – чем громче мы говорим в трубку, тем выше сила тока, проходящего по проводам, тем громче звук, который слышит собеседник.

#### **К дискретным устройствам относятся:**

Монитор – яркость луча изменяется не плавно, а скачкообразно (дискретно). Луч либо есть, либо его нет. Если луч есть, то мы видим яркую точку (белую или цветную). Если луча нет, мы видим черную точку. Поэтому изображение на экране монитора получается более четким, чем на экране телевизора;

Проигрыватель аудиокомпакт-дисков – звуковая дорожка представлена участками с разной отражающей способностью;

струйный принтер – изображение состоит из отдельных точек разного цвета.

Человек благодаря своим органам чувств привык иметь дело с аналоговой информацией, а в компьютере информация представлена в цифровом виде. Преобразование графической и звуковой информации из аналоговой формы в дискретную производится путем дискретизации, то есть разбиения непрерывного графического изображения или звукового сигнала на отдельные элементы.

**Дискретизация** – это преобразование непрерывных изображений и звука в набор дискретных значений в форме кодов.

При передаче дискретных данных по каналам связи применяются два основных типа физического кодирования – на основе синусоидального несущего сигнала и на основе последовательности прямоугольных импульсов. Первый способ часто называется также модуляцией или аналоговой модуляцией, подчеркивая тот факт, что кодирование осуществляется за счет изменения параметров аналогового сигнала. Второй способ обычно называют цифровым кодированием. Эти способы отличаются шириной спектра результирующего сигнала и сложностью аппаратуры, необходимой для их реализации.

В настоящее время все чаще данные, изначально имеющие аналоговую форму (речь, телевизионное изображение), передаются по каналам связи в дискретном виде, то есть в виде последовательности единиц и нулей. Процесс представления аналоговой информации в дискретной форме называется дискретной модуляцией. Аналоговая модуляция применяется для передачи дискретных данных по каналам с узкой полосой частот, типичным представителем которых является канал тональной частоты (телефонная сеть).

В простых вычислительных машинах, в таких, как цифровые электромеханические или аналоговые, перенастройка на различные задачи осуществлялась с помощью изменения системы связей между элементами на специальной коммутационной панели. В современных универсальных компьютерах такие изменения производятся с помощью запоминания в специальном устройстве, накапливающем информацию, той или иной программы ее работы.

В отличие от аналоговых машин, оперирующих непрерывной информацией, современные компьютеры имеют дело с дискретной информацией, на входе и выходе которых в качестве такой информации могут выступать любые последовательности десятичных цифр, букв, знаков препинания и других символов. Внутри системы эта информация кодируется в виде последовательности сигналов, принимающих лишь два различных значения.

В то время как возможности аналоговых машин ограничены преобразованиями строго ограниченных типов сигналов, современные компьютеры обладают свойством универсальности, иными словами, компьютер может производить преобразования любых буквенно-цифровых данных благодаря программе, составленной для выполнения той или иной задачи. Эта способность компьютера достигается за счет универсальности его системы команд, то есть элементарных преобразований информации.

Свойство универсальности компьютера не ограничивается возможностью оперирования одной лишь буквенно-цифровой информацией. В данном виде может быть представлена (закодирована) любая дискретная информация, а также – с любой заданной степенью точности – произвольная непрерывная информация. Таким образом, компьютеры могут рассматриваться как универсальные преобразователи информации. Свойство универсальности современных компьютеров открывает возможность моделирования с их помощью любых других преобразователей информации, в том числе любых мыслительных процессов.

Технологии цифровой обработки акустических сигналов и изображений находят все более широкое применение в различных областях, в частности при идентификации пользователей или для построения многоуровневых систем защиты. Вместе с тем в перечне основных предъявляемых к соответствующим системам требований на первом месте стоит универсальность, быстрота и эффективность выполнения различных процедур обработки на основе использования стандартных недорогих технических средств, входящих в комплект традиционной офисной техники и компьютерной телефонии: ПК, сканера, принтера, звуковой платы, модема. Для реализации таких систем нужны подходы, позволяющие обрабатывать акустический сигнал и речь.

Практически 80% информации человек получает через зрение, что означает доминирование зрительных рецепторов в жизнедеятельности человека. Вся информация в аппарате мышления человека сохраняется в виде образов, причем в этом образе сконцентрирована информация, полученная всеми рецепторами человека. Можно сделать вывод, что информация в памяти человека хранится в виде графических объектов. Развивая гипотезу о том, что любая информация, получаемая человеком извне, проходит стадию преобразования в изображения с последующей их целенаправленной обработкой, можно вывести **последовательность процедур**, пригодную для реализации в автоматизированных системах обработки данных различного рода, в том числе и в речи:



Предобработка, когда независимо от вида полученной информации осуществляется ее преобразование к общему виду первичных описаний в виде двумерных матриц данных, имеющих неотрицательные значения, которые можно рассматривать как изображения, образы;

Обработка предполагает, что на основе каких-либо общих принципов, методов и алгоритмов осуществляются преобразования полученных первичных данных для достижения поставленных целей (сжатие, «шумоочистка», сравнение, распознавание и др.);

Получение новых знаний и принятие решений основываются на заключении из характера и вида полученной из внешнего мира информации, а также результатов ее обработки для выполнения конкретных действий в соответствии с общей стратегией поведения человека.

Практическая значимость этой гипотезы состоит в том, что интеллектуальные возможности человека по анализу и обработке визуальной информации, а также наработанный научный потенциал в области восстановления, распознавания и обработки изображений можно распространить сегодня на существующие технологии обработки информации иного рода, в том числе на акустические сигналы и речь.

Люди воспринимают пространство как «глубину», и изображения, формируемые мысленным взором, представляются им трехмерными. Однако в точных дисциплинах редко применяется обработка трехмерных изображений, что объясняется очевидными техническими трудностями работы с ними, а также недостаточным пониманием природы процесса восприятия изображений. В большинстве практических приложений исследователи имеют дело с квазитрехмерными изображениями, когда по двум известным параметрам, например, частоте и времени, строится некая двумерная матрица, значения которой определяются значениями третьего известного параметра, например, мощностью и амплитудой рассчитанного мгновенного спектра.

## 5. Представление информации в двоичной системе счисления.

Двоичная система счисления является основной системой представления информации в памяти компьютера.

В этой системе счисления используются цифры: 0, 1.

Пример:

Десятичная система счисления:

$$12_{10} = 1 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0$$

$$2548_{10} = 2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0$$

таким образом любое трехзначное число в десятичной системе можно представить:

$$\overline{abc}_{10} = a \cdot 100 + b \cdot 10 + c \cdot 1 = a \cdot 10^2 + b \cdot 10^1 + c \cdot 10^0,$$

где a, b, c цифры от 0 до 9 (горизонтальная линия над буквами показывает, что это именно цифры a, b, c, а не произведение чисел a, b, c).

Аналогично для любого трехзначного (трехразрядного) числа в двоичной системе счисления можно записать:

$$\overline{abc}_2 = a \cdot 2^2 + b \cdot 2^1 + c \cdot 2^0$$

где a, b, c цифры 0 и 1.

Переведем число 12, записанное в десятичной системе счисления, в число, записанное в двоичной системе счисления.

$$12_{10} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1100_2 - 4\text{-х разрядное двоичное число.}$$

В двоичной системе счисления всего две цифры, называемые двоичными (binary digits). Сокращение этого наименования привело к появлению термина бит, ставшего названием разряда двоичного числа. Веса разрядов в двоичной системе изменяются по степеням двойки. Поскольку вес каждого разряда умножается либо на 0, либо на 1, то в результате значение числа определяется как сумма соответствующих значений степеней двойки. Если какой-либо разряд двоичного числа равен 1, то он называется значащим разрядом. Запись числа в двоичном виде намного длиннее записи в десятичной системе счисления.

В двоичной системе счисления используются 2 цифры: 0 и 1. Именно поэтому двоичная система счисления лежит в основе работы компьютера, т.к. в компьютере существуют два



устойчивых состояния: низкое или высокое напряжение, есть ток или нет тока, намагничено или не намагничено.

Одному состоянию соответствует значение равное 1, другому - 0.

Ниже приводится число в двоичной системе счисления, его развернутая форма, и найденный по ней десятичный эквивалент двоичного числа:

$$01001101_2 = 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 77_{10}$$

### **Перевод из десятичной системы счисления в любую другую**

Для перевода из десятичной системы счисления в двоичную существует правило, которое годится для **всех** систем счисления.

Для того, что бы перевести число из десятичной системы счисления в любую другую надо делить число на основание системы счисления до тех пор, пока частное от деления не будет меньше основания системы счисления, при этом необходимо фиксировать все остатки от деления. Затем надо записать частное от деления и все остатки, начиная с последнего в обратной последовательности. Т.о. получится: частное - старший разряд, а самый первый остаток - младший разряд.

Например, переведем число  $58_{10}$  в двоичную систему счисления:

первый остаток от деления  $\rightarrow$  0

$$\begin{array}{r} 58 \mid 2 \\ \underline{0} \quad 29 \mid 2 \\ \quad 1 \quad 14 \mid 2 \\ \quad \quad 0 \quad 7 \mid 2 \\ \quad \quad \quad 1 \quad 3 \mid 2 \\ \quad \quad \quad \quad 1 \quad 1 \mid 2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad 1 \end{array}$$

последний остаток от деления  $\rightarrow$  1

частное

Запишем полученный результат:  $111010_2$

### **Достоинства двоичной системы счисления**

Достоинства двоичной системы счисления заключаются в простоте реализации процессов хранения, передачи и обработки информации на компьютере.

1. Для ее реализации нужны элементы с двумя возможными состояниями, а не с десятью.
2. Представление информации посредством только двух состояний надежно и помехоустойчиво.
3. Возможность применения алгебры логики для выполнения логических преобразований.
4. Двоичная арифметика проще десятичной.

### **Недостатки двоичной системы счисления**

Итак, код числа, записанного в двоичной системе счисления представляет собой последовательность из 0 и 1. Большие числа занимают достаточно большое число разрядов. Быстрый рост числа разрядов - самый существенный недостаток двоичной системы счисления.

### **Контрольные вопросы.**

1. Дать определения информации (бытовой, технический, научный подходы).
2. Назвать и пояснить свойства информации.
3. Назвать и пояснить действия с информацией.
4. Назвать и пояснить виды информации (по способу восприятия, представления, по общественному значению).
5. Почему для кодирования информации в компьютере используются только два символа - 0 и 1?
6. В чем заключаются достоинства двоичного кодирования информации?
7. Как кодируются тексты?
8. Как кодируются изображения?
9. На чем основано кодирование числовой информации для компьютера?

10. Дать определения системы счисления, основания системы счисления.
11. Сформулировать правило перевода двоичных чисел в десятичные.
12. Сформулировать правило перевода десятичных чисел в двоичные.

***Список использованной литературы.***

1. Цветкова М.С. Информатика и ИКТ: учебник для нач. и сред. проф. образования / М.С. Цветкова, Л.С. Великович. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2013. - 352 с.
2. Образовательный портал по информатике - электронный ресурс: <http://mkpt-msk.ucoz.ru>
3. Семакин ИГ. Информатика и ИКТ. с.229-233
4. Сапрунова А.А. Конспект лекций по информатике и ИКТ/ Методическое пособие. — Ставрополь: ГБОУ СПО РМК, 2014. — 58 с.