# Практическая работа № 3. Информация в системах

## Вопросы

### 1. Что такое кодирование информации и для чего оно используется?

Кодирование определяют как процесс представления информации в виде некоторых символов или их последовательностей (кодовых комбинаций), причем эти символы, в свою очередь, могут быть представлены (перекодированы) в виде совокупностей физических сигналов той или иной природы — акустических, оптических, электрических и т. д. Так, примером естественного кодирования является представление в виде слов-символов информации, возникающей в процессе восприятия человеком явлений окружающего мира — его отражения мозгом человека. Однако в дальнейшем для фиксации этой информации на бумаге необходимо ее перекодирование в виде букв и их сочетаний, для передачи по электрическому каналу связи – в виде электрических сигналов и т. д.

### 2. Охарактеризуйте основные принципы кодирования.

В зависимости от длины кодовой комбинации (количества образующих ее символов) коды делятся на равномерные и неравномерные. В равномерных кодах все комбинации имеют одинаковую длину, в неравномерных — различную. С точки зрения осуществления процессов кодирования и последующей передачи и обработки закодированной информации (особенно в условиях помех) удобнее и в конечном счете выгоднее применять равномерные коды. Далее коды делятся на неизбыточные и избыточные. Неизбыточные — это коды минимальной длины, определяемой только возможностью их различения. Избыточные коды содержат еще и дополнительные символы или группы символов, специально предназначенные для обнаружения ошибок (обнаруживающие коды) или исправления их (корректирующие коды). И те, и другие коды могут быть систематическими (разделимыми) и несистематическими. В систематических имеет место четкое разделение кодовой комбинации на две части: одну, несущую основную информацию, и другую, контрольную, предназначенную специально для обнаружения и исправления ошибок.

### 3. Что такое алфавиты и как они используются?

Согласно строгой математической терминологии «кодированием называется отображение произвольного множества А в множество конечных последовательностей (слов) в некотором алфавите В, а декодированием – обратное отображение». Это отображающее множество В, включающее в себя множество знаков (символов) и слов (кодовых комбинаций), составленных из этих знаков по определенным правилам и предназначенных для однозначного отображения элементов множества А, называется кодом. Конечное множество (список) попарно различных знаков, букв, цифр или любых других символов, применяемых в той или иной области (языке), носит название алфавита. Соответственно, рассматривая проблемы кодирования, можно говорить об алфавите данного кода. Количество различных букв, входящих в алфавит, называют объемом алфавита.

### 4. Какие основные требования предъявляют к кодированию?

К любой системе кодирования предъявляются следующие основные требования: а) взаимная однозначность преобразований отображаемого множества в отображающее множество при кодировании и обратного преобразования при декодировании, что составляет необходимое условие отсутствия ошибок в интерпретации исходной информации; б) экономичность кодирования, обеспечиваемая прежде всего минимизацией средней длины кодовой комбинации, а значит, и длины информационных текстов, что, в свою очередь, обеспечивает сокращение времени, необходимого для передачи и обработки информации, и экономию носителей информации; в) помехоустойчивость, т. е. возможность обнаружения и исправления ошибок в кодовых комбинациях под влиянием тех или иных помех и сбоев в процессе передачи и обработки информации, повышающая достоверность работы кибернетических систем.

### 5. Что такое сигналы в системах и как они используются?

Сигнал есть материальный носитель информации, средство перенесения информации в пространстве и времени. Утверждая, что объекты выступают в качестве сигналов, следует сделать уточнение. Один и тот же объект может выступать в качестве разных сигналов: колебания воздуха могут нести звуки музыки, речь лектора, пение птиц или шум самолета; с магнитной ленты можно стереть одну запись и сделать другую и т. д. Следовательно, в качестве сигналов используются не сами по себе объекты, а их состояния.

### 6. Какие основные типы сигналов Вы знаете?

1. Сигналы, являющиеся стабильными состояниями физических объектов (например, книга, фотография, магнитофонная запись, состояние памяти ЭВМ, положение триангуляционной вышки и т. д.). Такие сигналы называются статическими. 2. Сигналы, в качестве которых используются динамические состояния силовых полей. Такие поля характеризуются тем, что изменение их состояния не может быть локализовано в (неизолированной) части поля и приводит к распространению возмущения. Конфигурация этого возмущения во время распространения обладает определенной устойчивостью, что обеспечивает сохранение сигнальных свойств. Примерами таких сигналов могут служить звуки (изменение состояния поля сил упругости в газе, жидкости или твердом теле), световые и радиосигналы (изменения состояния электромагнитного поля). Сигналы указанного типа называются динамическими.

### 7. Что является основным свойством сигналов?

Непредсказуемость — основное свойство сигналов.

### 8. Какие классы случайных процессов вы знаете?

Непрерывные и дискретные по времени процессы, непрерывные и дискретные по информативному параметру процессы, стационарные и нестационарные процессы, эргодические и неэргодические процессы.

### 9. Какие математические модели реализаций случайных процессов вы знаете?

Гармонические сигналы, модулированные сигналы, периодические сигналы, сигналы ограниченной длительности, сигналы с ограниченной полосой частот.

### 10. Что такое гармонические сигналы?

Гармонический сигнал — это гармонические колебания, со временем распространяющиеся в пространстве, которые несут в себе информацию или какие-то данные.

### 11. Что такое модулированные сигналы?

Модулированный сигнал — сигнал, получающийся после посадки модулирующего сигнала на несущий сигнал. В зависимости от типа несущего сигнала используются разные виды модуляции.

### 12. Что такое периодические сигналы?

Периодическим сигналом называют такой вид воздействия, когда форма сигнала повторяется через некоторый интервал времени T, который называется периодом.

### 13. Что такое сигналы с ограниченной энергией?

Если энергия меньше бесконечности, то говорят, что сигнал x(t) имеет ограниченную энергию. Сигналы с ограниченной энергией обладают свойством: предел функции x(t) при стремлении t к бесконечности. Если сигнал имеет ограниченную энергию, то он ограничен.

### 14. Что такое сигналы ограниченной длительности?

Интервал Т называется длительностью сигнала x(t), если ST={x:x(t)≡0, t∉T}, конечно, предполагается, что внутри этого интервала сигнал x(t) не везде обращается в нуль.

### 15. Что такое сигналы с ограниченной полосой частот?

Теорема Котельникова — фундаментальное утверждение в области цифровой обработки сигналов, связывающее непрерывные и дискретные сигналы и гласящее, что «любую функцию F(t), состоящую из частот от 0 до f1, можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, следующих друг за другом менее чем через 1/(2f1) секунд».

### 16. Что такое частотно-временное представление сигналов?

Из многочисленных результатов теории сигналов выделяются два, как существенно поясняющие природу непрерывных сигналов. Первый состоит в том, что сигналы обнаруживают своеобразную «упругость» занимаемой ими площади на плоскости «частота — время». Это явление называется частотно-временной неопределенностью сигналов. Второй результат заключается в том, что определенный класс непрерывных сигналов допускает взаимно однозначное соответствие между любой реализацией из этого класса и дискретным набором отсчетов данной реализации.

### 17. Как осуществляется цифровое представление непрерывных сигналов?

Входные и выходные сигналы непрерывных систем есть функции непрерывного времени t. Если переменная t принимает непрерывную последовательность значений, то сигнал, или функция, называется непрерывным. Сигнал, или функция, называется дискретным, если переменная t принимает только конечное множество значений tk, где k=0;±1;±2;...

### 18. Что такое решетчатые функции?

Идеальный дискретизатор может быть представлен в виде так называемой решетчатой функции времени fт(kT0), или в сокращенной записи — f(k), значения которой определены в дискретные моменты времени t=kT0, где k — целое число, T0 — период квантования. В этом случае решетчатая функция представляет собой модулированную последовательность δ-функций.

### 19. Охарактеризуйте основные особенности прохождения непрерывного сигнала в цифровых системах.

В современной технике управления и обработки информации цифровые системы обладают следующими главными преимуществами: 1. Повышенной чувствительностью, высокой надежностью, отсутствием дрейфа, высокой помехоустойчивостью. 2. Небольшими габаритами и массой. 3. Низкой стоимостью, удобством при программировании. 4 Высокой гибкостью по сравнению с аналоговыми системами, которая заключается в возможности изменения алгоритма преобразования информации без каких-либо изменений в аппаратных средствах системы. 5. Возможностью работы в режиме разделения времени.

### 20. Что такое вейвлеты и вейвлетный анализ сигналов?

Вейвлет-преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа, типичный представитель которого — классическое преобразование Фурье. Термин «вейвлет» (wavelet) в переводе с английского означает «маленькая (короткая) волна». Вейвлеты — это обобщенное название семейств математических функций определенной формы, которые локальны во времени и по частоте, и в которых все функции получаются из одной базовой (порождающей) посредством ее сдвигов и растяжений по оси времени. Вейвлет-преобразования рассматривают анализируемые временные функции в терминах колебаний, локализованных по времени и частоте. Как правило, вейвлет-преобразование (WT) подразделяют на дискретное (DWT) и непрерывное (CWT). DWT используется для преобразований и кодирования сигналов, CWT — для анализа сигналов.

### 21. Что такое фрактальные стохастические процессы?

Стохастический процесс называется фрактальным, когда некоторые из его важных статистических характеристик проявляют свойства масштабирования с соответствующими масштабными показателями.

### 22. Что такое энтропия?

Энтропия — широко используемый в естественных и точных науках термин, обозначающий меру необратимого рассеивания энергии или бесполезности энергии (потому что не всю энергию системы можно использовать для превращения в какую-нибудь полезную работу).

### 23. Назовите основные свойства энтропии.

1. Энтропия является величиной вещественной и неотрицательной, т. к. значения вероятностей pn находятся в интервале 0-1, значения log pn всегда отрицательны, а значения -pn log pn соответственно положительны. 2. Энтропия — величина ограниченная, т. к. при pn Ю 0 значение -pnЧ log pn также стремится к нулю, а при 0 < pn Ј 1 ограниченность суммы всех слагаемых очевидна. 3. Энтропия равна 0, если вероятность одного из состояний источника информации равна 1, и тем самым состояние источника полностью определено (вероятности остальных состояний источника равны нулю, т. к. сумма вероятностей должна быть равна 1).

### 24. Что такое дифференциальная энтропия?

Дифференциальная энтропия — функционал, заданный на множестве абсолютно непрерывных распределений вероятностей, формальный аналог понятия информационной энтропии Шеннона для случая непрерывной случайной величины.

### 25. В чем заключается фундаментальное свойство энтропии случайного процесса?

Для любых заданных ε > 0 и δ > 0 можно найти такое n0, что реализации любой длины n > n0 распадаются на два класса: 1) группа реализаций, вероятности Р(С) которых удовлетворяют неравенству |1/n log P(C) + H | > ε; 2) группа реализаций, вероятности которых этому неравенству не удовлетворяют. Так как согласно неравенству, суммарные вероятности этих групп равны соответственно (1 − δ) и δ, то первая группа называется высоковероятной, а вторая — маловероятной.

### 26. Что такое количество информации и как оно определяется?

Количество информации можно определить как меру уменьшения неопределенности в результате получения сигнала. Это соответствует разности энтропии до и после приема сигнала.

### 27. Охарактеризуйте основные свойства количества информации.

1. Количество информации в случайном объекте X относительно объекта Y равно количеству информации в Y относительно X. 2. Количество информации неотрицательно. 3. Для дискретных X справедливо равенство I(X, X)= H(X). 4. Преобразование ϕ(\*) одной случайной величины не может увеличить содержание в ней информации о другой, связанной с ней, величине. 5. Для независимых пар величин количество информации аддитивно.

### 28. Назовите единицы измерения энтропии и количества информации.

Единицей неопределенности служит энтропия объекта с двумя равновероятными состояниями. Эта единица получила название «бит». Бросание монеты дает количество информации в один бит. Другая единица («нит») получается, если использовать натуральные логарифмы; обычно она употребляется для непрерывных величин.

### 29. Что такое избыточность информации и как она используется?

Избыточность — термин из теории информации, означающий превышение количества информации, используемой для передачи или хранения сообщения, над его информационной энтропией.

### 30. Что такое кодирование в отсутствие шумов?

Главное внимание привлекает проблема эффективности: важно, чтобы данная информация заняла в запоминающем устройстве как можно меньше ячеек, при передаче желательно занимать канал связи на максимально короткий срок. В такой постановке задачи легко распознается проблема устранения всякой избыточности.

### 31. Что такое кодирование при наличии шумов?

Наиболее интересные и важные результаты были получены при рассмотрении передачи информации по каналам связи с шумами. В этом случае безызбыточное кодирование приведет к безвозвратным потерям информации: искаженный символ нельзя ни обнаружить, ни исправить. Для борьбы с влиянием помех необходимо ввести избыточность в сигнал.

## Терминологический словарь

1. Кодирование информации — процесс преобразования сигнала из формы, удобной для непосредственного использования информации, в форму, удобную для передачи, хранения или автоматической переработки.
2. Кодирование (программирование) — процесс написания программного кода, скриптов, с целью реализации определённого алгоритма на определённом языке программирования.
3. Алфавит — конечное множество (список) попарно различных знаков, букв, цифр или любых других символов, применяемых в той или иной области (языке).
4. Множество — одно из ключевых понятий математики; представляющее собой набор, совокупность каких-либо объектов — элементов этого множества.
5. Конечное множество — множество, равномощное отрезку натурального ряда, а также пустое множество, называется конечным.
6. Помехоустойчивость линии — способность линии уменьшать уровень помех, создаваемых во внешней среде и на внутренних проводниках.
7. Кибернетическая система — множество взаимосвязанных объектов, называемых элементами системы, способных воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться информацией.
8. Функционирование — выполнение своих функции, нахождение в действии, исправная работа.
9. Код — взаимно-однозначное отображение конечного упорядоченного множества символов, принадлежащих некоторому конечному алфавиту, на иное, не обязательно упорядоченное, как правило более обширное множество символов для кодирования передачи, хранения или преобразования информации.
10. Неизбыточные коды — это коды минимальной длины, определяемой только возможностью их различения.
11. Корректирующий код (также помехоустойчивый код) — код, предназначенный для обнаружения и исправления ошибок.
12. Информация — сведения независимо от формы их представления.
13. Сигнал — материальный носитель информации, средство перенесения информации в пространстве и времени.
14. Модуляция — процесс изменения одного или нескольких параметров модулируемого несущего сигнала при помощи модулирующего сигнала.
15. Криптография — наука о методах обеспечения конфиденциальности (невозможности прочтения информации посторонним), целостности данных (невозможности незаметного изменения информации), аутентификации (проверки подлинности авторства или иных свойств объекта), шифрования (кодировка данных).
16. Электронно-вычислительная машина — комплекс технических, аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматической обработки информации, вычислений, автоматического управления.
17. Математическая модель — математическое представление реальности, один из вариантов модели как системы, исследование которой позволяет получать информацию о некоторой другой системе.
18. Непредсказуемость — свойство по значению прилагательного непредсказуемый; невозможность предвидеть, предсказать что-либо; внезапный характер чего-либо.
19. Математический анализ — совокупность разделов математики, соответствующих историческому разделу под наименованием «анализ бесконечно малых», объединяет дифференциальное и интегральное исчисления.
20. Процесс — это идентифицируемая абстракция совокупности взаимосвязанных системных ресурсов на основе отдельного и независимого виртуального адресного пространства в контексте которой организуется выполнение потоков.
21. Имитационное моделирование — метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе.
22. Дискретность — свойство, противопоставляемое непрерывности, прерывистость. Синонимы к слову дискретный: корпускулярный, отдельный, прерывистый, раздельный и т. п.
23. Эргодичность — специальное свойство некоторых динамических систем, состоящее в том, что в процессе эволюции почти каждое состояние с определённой вероятностью проходит вблизи любого другого состояния системы.
24. Гармонический сигнал — это гармонические колебания, со временем распространяющиеся в пространстве, которые несут в себе информацию или какие-то данные.
25. Гармонические колебания — колебания, при которых физическая величина изменяется с течением времени по гармоническому (синусоидальному, косинусоидальному) закону.
26. Модулированный сигнал — сигнал, получающийся после посадки модулирующего сигнала на несущий сигнал. В зависимости от типа несущего сигнала используются разные виды модуляции.
27. Периодический сигнал — вид воздействия, когда форма сигнала повторяется через некоторый интервал времени T, который называется периодом.
28. Теорема Котельникова — фундаментальное утверждение в области цифровой обработки сигналов, связывающее непрерывные и дискретные сигналы и гласящее, что «любую функцию F(t), состоящую из частот от 0 до f1, можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, следующих друг за другом менее чем через 1/(2f1) секунд».
29. Импульс (количество движения) — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела.
30. Преобразование Фурье — операция, сопоставляющая одной функции вещественной переменной другую функцию вещественной переменной.
31. Спектр — распределение значений физической величины (обычно энергии, частоты или массы).
32. Функционал — это отображение множества функций на множество чисел.
33. Квантование — процедура преобразования данных из непрерывной формы в цифровую.
34. Дискретизация — представление непрерывной функции дискретной совокупностью её значений при разных наборах аргументов.
35. Аналого-цифровой преобразователь — устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал).
36. Вейвлет-преобразование сигналов — обобщение спектрального анализа, типичный представитель которого — классическое преобразование Фурье.
37. Стохастический фрактальный процесс — когда некоторые из его важных статистических характеристик проявляют свойства масштабирования с соответствующими масштабными показателями.
38. Энтропия — широко используемый в естественных и точных науках термин, обозначающий меру необратимого рассеивания энергии или бесполезности энергии (потому что не всю энергию системы можно использовать для превращения в какую-нибудь полезную работу).
39. Дифференциальная энтропия — функционал, заданный на множестве абсолютно непрерывных распределений вероятностей, формальный аналог понятия информационной энтропии Шеннона для случая непрерывной случайной величины.
40. Избыточность — термин из теории информации, означающий превышение количества информации, используемой для передачи или хранения сообщения, над его информационной энтропией.