

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ СОЦИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Бондарева Г.А.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Ставрополь
2019**

УДК 007
ББК 32.97
Б81

Б 81 Бондарева, Г.А. Информационные технологии: учеб. пособие / Г.А. Бондарева. – Ставрополь: АНО ВО СКСИ, 2019. – 169 с.

Учебное пособие соответствует требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования, предъявляемым к уровню подготовки специалистов.

Учебное пособие предназначено для теоретического изучения и практического освоения материала студентами колледжа в соответствии с учебными планами специальностей.

Учебное пособие может быть рекомендовано к изучению студентам вуза.

Рекомендовано к использованию НМС АНО ВО СКСИ.

© Бондарева Г.А.
© Северо-Кавказский
социальный институт

ISBN 978-5-6043080-0-4

Содержание

Введение	5
Раздел 1. Основы информационных технологий	7
Глава 1.1 Основы информационных технологий	7
Глава 1.2 Основные информационные процессы в информационных технологиях	11
1.2.1 Сбор информации	11
1.2.2 Обмен информацией.....	12
1.2.3 Накопление и хранение информации	13
1.2.4 Обработка информации.....	15
1.2.5 Обобщенная структура технологического процесса базовой информационной технологии	17
Раздел 2 Теоретические основы мультимедиа технологии	18
Глава 2.1 Понятие мультимедиа технологии	18
2.1.1 Основы мультимедиа	18
2.1.2 Классификация и области применения мультимедиа приложений	21
2.1.3 Аппаратные и программные средства мультимедиа технологии	22
Глава 2.2 Основы воспроизведения звука.....	24
2.2.1 Основные свойства слуха	24
2.2.2 Восприятие по частоте. Порог слышимости	26
2.2.3 Дифференциальный порог восприятия интенсивности звука	30
2.2.4 Пороги слышимости при маскировке	33
2.2.5 Уровень громкости и громкость	35
2.2.6 Адаптация слуха	39
Глава 2.3 Звуковые сигналы	41
2.3.1 Характеристики звуковых сигналов	41
2.3.2 Цифровое представление звуковых сигналов	47
Глава 2.4 Сжатие звуковой информации	56
2.4.1 Общие сведения	56
2.4.2 Стандарты MPEG.....	58

2.4.3	Формат Windows Media Audio (WMA)	65
2.4.4	Методы сжатия звука Ogg Vorbis и MusePack	66
2.4.5	Форматы сжатия звука QDesign AIF и PAC	68
Глава 2.5	Программные и аппаратные средства обработки звука	70
2.5.1	Динамическая обработка звуковых сигналов	70
2.5.2	Частотная обработка звуковых сигналов	76
2.5.3	Устройства пространственной обработки	81
2.5.4	Методы и устройства для создания специальных звуковых эффектов	82
Глава 2.6	Теле- и видеосигналы	86
2.6.1	Телевизионные системы	86
2.6.2	Форматы представления видеосигнала	89
2.6.3	Цифровое представление телевизионного сигнала	90
Глава 2.7	Работа с видеоинформацией	97
2.7.1	Сжатие видеоинформации	97
2.7.2	Технологии CD-дисков	99
2.7.3	Технология DVD	110
2.7.4	Технология производства DVD-фильмов	117
2.7.5	Записываемые DVD-диски	121
Раздел 3.	Практическое применение мультимедиа технологий	135
Глава 3.1	Введение в технологию FLASH	135
Глава 3.2	Movie Explorer – обозреватель фильма	151
	Библиографический список	168

Введение

В настоящее время мы живем в век развития информации и информационных технологий. В современном мире информация представляет собой один из важнейших ресурсов и, в то же время, одну из движущих сил прогресса человеческого общества. Информационные процессы происходят в материальном мире, живой природе и человеческом обществе. Эти процессы изучаются многими научными дисциплинами. Сейчас человек вряд ли смог бы представить свою жизнь без компьютера, телевизора, смартфона, интернета. Все вышеперечисленные предметы и инструменты служат целям хранения и передачи информации.

Хранить информацию человечество научилось очень давно. В наиболее древних формах хранения информации использовалось расположение предметов – раковин и камней на песке, узелков на веревке. Существенным развитием этих способов явилась письменность – графическое изображение символов на камне, глине, папирусе, бумаге. Огромное значение в развитии этого направления имело изобретение книгопечатания. За свою историю человечество накопило огромный объем информации в библиотеках, архивах, периодических изданиях и других письменных документах.

В XXI веке особое значение получило хранение информации в виде последовательностей двоичных символов. Для реализации этих методов используются разнообразные запоминающие устройства. Они являются центральным звеном систем хранения информации. Кроме них в таких системах используются средства поиска информации (поисковая система), средства получения справок (информационно-справочные системы) и средства отображения информации (устройство вывода).

Информационные технологии являются наиболее важной составляющей процесса использования информационных ресурсов общества. Информационные технологии являются одной из главных движущих сил происходящих сегодня революционных изменений в методах ведения бизнеса.

Современное развитие общества приводит к возрастанию объема и усложнению задач, решаемых в области организации производства, процессов планирования и анализа, финансовой работы, связей с поставщиками и потребителями продукции, оперативное управление которыми невозможно без организации современной автоматизированной информационной технологии.

Под термином «технология» (от греч. *techne* - искусство, мастерство, умение) в промышленном смысле понимают совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства. В широком смысле толкования этого понятия термин «технология» подразумевает производство материальных благ, включающее три следующих компонента:

- информационный (представляет собой процесс описания принципов и методов производства);
- социальный (кадры и их организация в процессе производства);
- инструментальный (орудия труда, посредством которых реализуется производство).

Единство понятий «технология» и «информационная технология» заключается, прежде всего, в том, что в основе и той и другой лежит процесс, под которым понимается определенная совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели. При этом любой технологический процесс должен определяться выбранной человеком стратегией и реализовываться с помощью совокупности различных методов и средств.

Средства информационных технологий – это технические, программные, информационные и другие средства, при помощи которых реализуется информационная технология на экономическом объекте.

Методами информационных технологий являются методы обработки и передачи информации.

Раздел 1. Основы информационных технологий

Глава 1.1 Основы информационных технологий

Информационная технология – совокупность методов и способов получения, обработки, представления информации, направленных на изменение ее состояния, свойств, формы, содержания и осуществляемых в интересах пользователей на основе производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации.

Цель информационной технологии – производство информации для ее анализа человеком и принятия на его основе решения по выполнению какого-либо действия. Информационные технологии предназначены для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов. Результат их применения обособляется в так называемых информационных продуктах.

Информационный продукт – документированная информация, подготовленная в соответствии с потребностями пользователей и представленная в форме товара. Информационными продуктами являются программные продукты, базы и банки данных и другая информация. Данные технологии обеспечивают переход от рутинных к промышленным методам и средствам работы с информацией в различных сферах человеческой деятельности, обеспечивая ее рациональное и эффективное использование с помощью средств компьютерной техники.

Последнее определение отражает использование в информационных технологиях принципов современных автоматизированных систем. С учетом их использования, информационная технология может называться автоматизированной информационной технологией.

Автоматизированная информационная технология – это системно-организованная последовательность операций, выполняемых над информацией с использованием средств и методов автоматизации.

При этом под операциями понимаются элементарные действия над информацией, которые могут быть объединены в типовые технологические операции (действия) информационной технологии:

- сбор и регистрация информации;
- передача информации;
- ввод информации;
- обработка информации;
- вывод информации;
- хранение информации;
- накопление информации;
- поиск информации;
- анализ информации.

Информационная технология имеет свою цель, методы и средства реализации. Цель информационных технологий – создание из информационного ресурса качественного информационного продукта, удовлетворяющего требованиям пользователя. Методы ИТ – методы обработки и передачи данных. Средства (инструментарий) ИТ – это математические, программные, информационные, технические и другие средства. Поскольку существенную часть технических средств для реализации информационных технологий занимают средства компьютерной техники, то часто под информационными технологиями, особенно под новыми информационными технологиями, понимаются компьютерные информационные технологии.

Характерные свойства информационных технологий:

- цель процесса в информационных технологиях является получение информации (информационного продукта);
- предмет процесса в информационных технологиях (предмет обработки) являются данные или знания;
- средства осуществления процесса в информационных технологиях представляются различными вычислительными комплексами (программными,

аппаратными, программно-аппаратными);

- процессы обработки данных в информационных технологиях разделяются на операции в соответствии с выбранной предметной областью;

- управляющие воздействия на процессы в информационных технологиях осуществляются лицами, принимающими решения;

- критерии оптимальности процесса в информационных технологиях служат своевременность доставки информации пользователям, ее надежность, достоверность, полнота.

- информационные технологии обеспечивают высокую степень расчленения всего процесса обработки данных на этапы, операции, действия;

- информационные технологии включают весь набор элементов для достижения поставленной цели;

- информационные технологии имеют регулярный характер.

Информационные технологии различаются:

- составом и последовательностью операций;

- степенью их автоматизации (долей машинного и ручного труда);

- надежностью их выполнения (свойство надежности в информационных технологиях реализуется качеством выполнения основных операций и наличием разнообразного их контроля)

Информационные технологии реализуются в автоматизированном и традиционном (ручном) видах.

В широком понимании, автоматизация направлена на замену деятельности человека работой машин и механизмов. Степень автоматизации может меняться в широких пределах, от систем, в которых процесс управления полностью осуществляется человеком, до таких, где он реализуется автоматически.

Объем автоматизации, тип и характер использования технических средств зависят от характера конкретной технологии. Автоматизированные информационные технологии используют средства автоматизации для всех операций, связанных с информацией.

Автоматизированная информационная технология – информационная технология, в которой для передачи, сбора, хранения и обработки данных, используются методы и средства вычислительной техники и систем связи. В связи с этим АИТ как система, связанная с переработкой информационных ресурсов, может рассматриваться как автоматизированная система.

Автоматизированная система – комплекс технических, программных, других средств и персонала, предназначенный для автоматизации различных процессов.

Вместе с понятием автоматизированная информационная технология в практике используется термин «новая информационная технология», подчеркивая использование в информационных технологиях компьютерные средства.

Новая информационная технология – информационная технология с дружественным интерфейсом работы пользователя, использующая персональные компьютеры и телекоммуникационные средства. Прилагательное «компьютерная» подчеркивает, что основным техническим средством ее реализации является компьютер.

Основными принципами новых информационных технологий являются:

- интерактивный режим работы с компьютером;
- интегрированность с другими программными продуктами;
- гибкость процесса изменения постановок задач и данных.

Отличительная черта новых информационных технологий активное вовлечение конечных пользователей (специалистов управления – непрофессионалов в области вычислительной техники и программирования) в процесс подготовки управленческих решений благодаря внедрению на их рабочих местах современных компьютерных средств.

Специфика работы конечных пользователей – специалистов управления потребовала создания для них таких средств и методов общения с вычислительной системой, благодаря которым, зная лишь в самом общем виде архитектуру и принципы функционирования персонального компьютера, они

могли бы в полной мере удовлетворять свои информационные потребности.

Термин «новая информационная технология» постепенно утрачивает свой первоначальный смысл в связи с тем, что современные информационные технологии все чаще рассматриваются как компьютерные информационные технологии.

Глава 1.2 Основные информационные процессы в информационных технологиях

Процессы, связанные с информацией, будем называть информационными процессами.

К основным информационным процессам относятся действия с информацией:

- сбор;
- обмен;
- накопление;
- хранение;
- обработка;
- выдача.

В ходе эволюции человечества просматривается устойчивая тенденция к автоматизации информационных процессов, что нашло отражение в автоматизированных информационных технологиях.

1.2.1 Сбор информации

Сбор информации - это процесс получения информации из внешнего мира и приведение ее к виду, стандартному для прикладной информационной системы. Обмен информацией между воспринимающей информацию системой и окружающей средой осуществляется посредством сигналов.

Процесс сбора информации связан с переходом от реального представления предметной области к его описанию в формальном виде и в виде данных, которые отражают это представление.

Источниками данных в любой предметной области являются объекты и их свойства, процессы и функции, выполняемые этими объектами или для них. Любая предметная область рассматривается в виде трех представлений:

- реальное представление предметной области;
- формальное представление предметной области;
- информационное представление предметной области.

Задача сбора информации не может быть решена в отрыве от других задач, в частности, задачи обмена информацией (передачи).

1.2.2 Обмен информацией

Обмен информацией представляет собой процесс, в ходе которого источник информации ее передает, а получатель – принимает. Если в передаваемых сообщениях обнаружены ошибки, то организуется повторная передача этой информации.

В результате обмена информацией между источником и получателем устанавливается своеобразный «информационный баланс», при котором в идеальном случае получатель будет располагать той же информацией, что и источник.

Обмен информации производится с помощью сигналов, являющихся ее материальным носителем. Источниками информации могут быть любые объекты реального мира, обладающие определенными свойствами и способностями.

Необходимость передачи информации для различных экономических объектов обосновывается по-разному. Так, в автоматизированной системе управления предприятием она вызвана тем, что сбор и регистрация информации редко территориально отделены от ее обработки. Процедуры сбора и регистрации информации, как правило, осуществляются на рабочих местах, а обработка – в вычислительном центре.

Передача информации осуществляется различными способами: с помощью курьера, пересылка по почте, доставка транспортными средствами,

дистанционная передача по каналам связи.

Дистанционная передача по каналам связи сокращает время передачи данных. Для ее осуществления необходимы специальные технические средства. Некоторые технические средства сбора и регистрации, собирая автоматически информацию с датчиков, установленных на рабочих местах, передают ее в ЭВМ.

Взаимодействие между территориально удаленными объектами осуществляется за счет обмена данными. Доставка данных производится по заданному адресу с использованием сетей передачи данных.

В современных условиях большое распространение получила распределенная обработка информации, при этом сети передачи данных превращаются в информационно-вычислительные сети.

Информационно-вычислительные сети (ИВС) представляют наиболее динамичную и эффективную отрасль автоматизированной технологии процессов ввода, передачи, обработки и выдачи информации.

Дистанционная передача постоянно развивается и совершенствуется. Особое значение этот способ передачи информации имеет в многоуровневых межотраслевых системах, где применение дистанционной передачи значительно ускоряет прохождение информации с одного уровня управления на другой и сокращает общее время обработки данных.

1.2.3 Накопление и хранение информации

Принятую информацию получатель может использовать неоднократно. Процесс формирования исходного, несистематизированного массива информации, называется накоплением информации. Среди записанных сигналов могут быть такие, которые отражают ценную или часто используемую информацию. Часть информации в данный момент времени особой ценности может не представлять, хотя, возможно, потребуется в дальнейшем.

Хранение информации – это процесс поддержания исходной информации в виде, обеспечивающем выдачу данных по запросам конечных

пользователей в установленные сроки.

Процесс хранения связан с необходимостью накопления и долговременного хранения данных, необходимостью комплектации первичных данных до их обработки, обеспечением их актуальности, целостности, безопасности, доступности.

Хранение информации осуществляется на машинных носителях в виде информационных массивов, где данные располагаются по установленному в процессе проектирования группировочному признаку.

Поиск данных – это выборка нужных данных из хранимой информации, включая поиск информации, подлежащей корректировке или замене запроса наружную информацию. Хранение в настоящее время реализуется главным образом при использовании концепции базы данных, склада (хранилища) данных.

База данных (БД) может быть определена как совокупность взаимосвязанных данных, используемых несколькими пользователями и хранящихся с регулируемой избыточностью. Хранимые данные не зависят от программ пользователей, для модификации и внесения изменений применяется общий управляющий метод.

Банк данных – система, представляющая определенные услуги по хранению и поиску данных определенной группе пользователей по определенной тематике.

Система баз данных – совокупность управляющей системы, прикладного программного обеспечения, базы данных, операционной системы и технических средств, обеспечивающих информационное обслуживание пользователей.

Хранилище данных (ХД – используют также термины Data Warehouse, «склад данных», «информационное хранилище») – это база, хранящая данные, агрегированные по многим измерениям.

Основные отличия ХД от БД: агрегирование данных; данные из ХД никогда не удаляются; пополнение ХД происходит на периодической основе;

формирование новых агрегатов данных, зависящих от старых - автоматическое; доступ к ХД осуществляется на основе многомерного куба или гиперкуба.

Альтернативой хранилищу данных является концепция витрин данных (Data Mart). Витрины данных – множество тематических БД, содержащих информацию, относящуюся к отдельным информационным аспектам предметной области.

1.2.4 Обработка информации

Обработка информации – это упорядоченный процесс ее преобразования в соответствии с алгоритмом решения задачи. Процесс обработки информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов и является одной из основных операций, осуществляемых над информацией.

На самом верхнем уровне можно выделить числовую и нечисловую обработку. В указанные виды обработки вкладывается различная трактовка содержания понятия «данные».

При числовой обработке используются такие объекты, как переменные, векторы, матрицы, многомерные массивы, константы и т.д.

При нечисловой обработке объектами могут быть файлы, записи, поля, иерархии, сети, отношения и т.д.

Другое отличие заключается в том, что при числовой обработке содержание данных не имеет большого значения, в то время как при нечисловой обработке нас интересуют непосредственные сведения об объектах, а не их совокупность в целом.

С точки зрения реализации на основе современных достижений вычислительной техники выделяют следующие виды обработки информации:

- последовательная обработка, применяемая в традиционной фоннеймановской архитектуре ЭВМ, располагающей одним процессором;
- параллельная обработка, применяемая при наличии нескольких

процессоров в ЭВМ;

– конвейерная обработка, связанная с использованием в архитектуре ЭВМ одних и тех же ресурсов для решения разных задач, причем если эти задачи тождественны, то это последовательный конвейер, если задачи одинаковые - векторный конвейер.

Создание данных, как процесс обработки, предусматривает их образование в результате выполнения некоторого алгоритма и дальнейшее использование для преобразований на более высоком уровне.

Модификация данных связана с отображением изменений в реальной предметной области, осуществляемых путем включения новых данных и удаления ненужных.

Контроль, безопасность и целостность направлены на адекватное отображение реального состояния предметной области в информационной модели и обеспечивают защиту информации от несанкционированного доступа (безопасность) и от сбоев и повреждений технических и программных средств.

Поиск информации, хранимой в памяти компьютера, осуществляется как самостоятельное действие при выполнении ответов на различные запросы и как вспомогательная операция при обработке информации.

Поддержка принятия решения является наиболее важным действием, выполняемым при обработке информации. Широкая альтернатива принимаемых решений приводит к необходимости использования разнообразных математических моделей. Создание документов, сводок, отчетов заключается в преобразовании информации в формы, пригодные для восприятия как человеком, так и компьютером. С этим действием связаны и такие операции, как обработка, считывание, сканирование и сортировка документов.

При преобразовании информации осуществляется ее перевод из одной формы представления или существования в другую, что определяется потребностями, возникающими в процессе реализации информационных

технологий. Реализация всех действий, выполняемых в процессе обработки информации, осуществляется с помощью разнообразных программных средств.

После решения задачи обработки информации результат должен быть выдан конечным пользователям в удобной для пользователя форме. Эта операция реализуется в ходе решения задачи выдачи информации.

1.2.5 Обобщенная структура технологического процесса базовой информационной технологии

Успешное внедрение информационных технологий связано с возможностью их типизации. Конкретная информационная технология обладает комплексным составом компонентов, поэтому целесообразно определить ее структуру и состав. Конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, специализированных технологий и средств реализации.

Технологический процесс – часть информационного процесса, содержащая действия (физические, механические и др.) по изменению состояния информации. Информационная технология базируется на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения базовых информационных процессов, характерных для любой информационной технологии.

Базовый технологический процесс может быть использован в качестве составной части информационной технологии. К числу операций, составляющих базовый технологический процесс, можно отнести операции сбора, передачи, хранения, обработки и выдачи информации во всех ее возможных формах проявления (текстовой, графической, визуальной, речевой и т.д.).

Таким образом, конкретные информационные технологии содержат в качестве основополагающих компонент базовые информационные процессы, реализуемые техническими, программными и организационно-методическими средствами в соответствии с общественными потребностями.

Раздел 2 Теоретические основы мультимедиа технологии

Глава 2.1 Понятие мультимедиа технологии

2.1.1 Основы мультимедиа

Мультимедиа (англ. multimedia от лат. multum – много и media, medium – средоточие, средства) – это комплекс аппаратных и программных средств, позволяющих пользователю работать в диалоговом режиме с разнородными данными, организованными в виде единой информационной среды.

Мультимедиа объединяет несколько типов разнородных данных (текст, звук, видео, графическое изображение и анимацию) в единое целое. И это понятие само по себе имеет три стороны:

Во-первых, мультимедиа – как идея, т. е. новый подход к хранению информации различного типа в единой цифровой форме.

Во-вторых, мультимедиа – как оборудование для обработки и хранения информации, без него мультимедиа-идею реализовать невозможно.

В-третьих, это программное обеспечение, позволяющее объединить четыре элемента информации в законченное мультимедиа-приложение.

Мультимедиа технологии являются одним из наиболее перспективных и популярных направлений информатики и имеют целью создание продукта, содержащего «коллекции изображений, текстов и данных, сопровождающихся звуком, видео, анимацией и другими визуальными эффектами (Simulation), включающего интерактивный интерфейс и другие механизмы управления». Данное определение сформулировано в 1988 году крупнейшей Европейской Комиссией, занимающейся проблемами внедрения и использования новых технологий. Интерактивность – свойство реагировать на действия пользователей, в том числе и управлять пользователем.

Предпосылкой возникновения технологии мультимедиа считают концепцию организации памяти «МЕМЕХ», предложенную еще в 1945 году американским ученым Ваннивером Бушем. Она предусматривала поиск информации в соответствии с ее смысловым содержанием, а не по

формальным признакам (по алфавиту, порядку номеров, индексов и т.п.). Эта идея нашла компьютерную реализацию сначала в виде системы гипертекста (система работы с комбинациями текстовых материалов), а затем и гипермедиа (система, работающая с комбинацией графики, звука, видео и анимации), и, наконец, в мультимедиа, соединившей в себе обе эти системы. Всплеск интереса в конце 80-х годов XX века к применению мультимедиа технологии в гуманитарной области, в частности, в историко-культурной, связан, несомненно, с именем выдающегося американского компьютерщика-бизнесмена Билла Гейтса, которому принадлежит идея создания и успешной реализации на практике мультимедийного продукта на основе служебной музейной инвентарной базы данных с использованием в нем всех возможных «сред»: изображений, звука, анимации, гипертекстовой системы «National Art Gallery London».

Три основные принципа мультимедиа, представленные в этом продукте:

- представление информации с помощью комбинации множества воспринимаемых человеком сред;
- наличие нескольких сюжетных линий в содержании продукта, в том числе и выстраиваемых самим пользователем на основе «свободного поиска» в рамках предложенной в содержании продукта информации;
- художественный дизайн интерфейса и средств навигации.

Достоинством и особенностью технологии являются следующие возможности мультимедиа, которые активно используются в представлении информации:

- возможность хранения большого объема самой разной информации на одном носителе;
- возможность детализации на экране изображения или его наиболее интересных фрагментов, иногда в двадцатикратном увеличении при сохранении качества изображения. Это особенно важно для презентации произведений искусства и уникальных исторических документов;
- возможность сравнения изображения и обработки его

разнообразными программными средствами с научно-исследовательскими или познавательными целями;

- возможность выделения в сопровождающем текстовом или другом визуальном материале «горячих областей», по которым осуществляется немедленное получение справочной или любой другой пояснительной, в том числе визуальной, информации;

- возможность осуществления непрерывного музыкального или любого другого аудио сопровождения, соответствующего статичному или динамичному визуальному ряду;

- возможность использования видеофрагментов из фильмов, видеозаписей и т. д., функции «стоп-кадра», покадрового «пролистывания» видеозаписи;

- возможность включения в содержание диска баз данных, методик обработки образов, анимации и т. д.;

- возможность подключения к глобальной сети Internet;

- возможность работы с различными приложениями: текстовыми, графическими и звуковыми редакторами, картографической информацией и т.д.;

- возможность создания собственной выборки из представляемой в продукте информации;

- возможность «запоминания пройденного пути» и создания «закладок» на заинтересовавшей экранной «странице»;

- возможность автоматического просмотра всего содержания продукта или создания анимированного и озвученного «путеводителя-гида» по продукту, включение в состав продукта игровых компонентов с информационными составляющими;

- возможность «свободной» навигации по информации и выхода в основное меню, на полное оглавление или вовсе из программы в любой точке продукта.

Из вышеизложенного следует, что мультимедийный продукт – наиболее эффективная форма подачи информации в среде компьютерных информационных технологий. Он позволяет собрать воедино огромные и

разрозненные объемы информации, дает возможность с помощью интерактивного взаимодействия выбирать интересующие в данный момент информационные блоки, значительно повышая эффективность восприятия информации.

2.1.2 Классификация и области применения мультимедиа приложений

Мультимедиа – это взаимодействие визуальных и аудиоэффектов под управлением интерактивного программного обеспечения. Мультимедиа – комбинация текста, графических изображений, звука, анимации и видео элементов.

Согласно представленным выше определениям, мультимедиа можно классифицировать с разных точек зрения:

- на основе поддержки взаимодействия,
- на основе использования различных мультимедийных телекоммуникационных технологий.

Области применения мультимедиа приложений:

- обучение с использованием компьютерных технологий (научно-просветительская или образовательная сфера);
- видеоэнциклопедии, интерактивные путеводители, тренажеры, ситуационно-ролевые игры и др.;
- информационная и рекламная служба;
- популяризаторская и развлекательная сферы;
- интернет-вещание;
- развлечения, игры, системы виртуальной реальности;
- презентационная, СМИ;
- творчество, где мультимедиа становится незаменимым авторским инструментом в кино и видеоискусстве;
- военные технологии;
- промышленность и техника (сенсорные экраны);
- торговля.

В научно-исследовательской области – это электронные архивы,

библиотеки и т.д.

Медицина: базы знаний, методики операций, каталоги лекарств и т.п.

Искусственный интеллект – внедрение элементов искусственного интеллекта в системе мультимедиа. Они обладают способностью «чувствовать» среду общения, адаптироваться к ней и оптимизировать процесс общения с пользователем: они подстраиваются под пользователей, анализируют круг их интересов, помнят вопросы, вызывающие затруднения и могут сами предложить дополнительную или разъясняющую информацию;

Системы распознавания речи, понимающие естественный язык, еще более расширяют диапазон взаимодействия с компьютером.

2.1.3 Аппаратные и программные средства мультимедиа технологии

Технологию мультимедиа составляют специальные аппаратные и программные средства.

Аппаратные средства. Для построения мультимедиа системы необходима дополнительная аппаратная поддержка: аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи для перевода аналоговых аудио- и видеосигналов в цифровой эквивалент и обратно, видеопроцессоры для преобразования обычных телевизионных сигналов к виду, воспроизводимому электронно-лучевой трубкой дисплея, декодеры для взаимного преобразования телевизионных стандартов, специальные интегральные схемы для сжатия данных в файлы допустимых размеров и т. д.

Все оборудование, отвечающее за звук, объединяется в звуковые карты, а за видео – в видеокарты.

Аппаратные средства мультимедиа:

- средства звукозаписи (звуковые платы, микрофоны);
- средства звуковоспроизведения (усилитель, колонки, акустические системы, наушники и гарнитур);
- манипуляторы (компьютерные мыши, джойстики, миди-клавиатуры и т.п.);

- средства «виртуальной реальности» (перчатки, очки, шлемы виртуальной реальности и пр.);
- носители информации (CD, DVD, HDD и т.д.);
- средства передачи (мини видеокамеры, цифровые фотоаппараты);
- средства записи (приводы CD/DVD-ROM, CDRW/DVD+RW, Blu-ray, TV- и FM-тюнеры);
- средства обработки изображения (платы видеомонтажа, клавиатуры, графические акселераторы и т.д.).
- компьютер, телевизор, средства для получения и удобного восприятия информации и др.

Программные средства мультимедиа:

1. Системные программные средства.
2. Инструментальные программные средства.
3. Прикладные программные средства.

Системные программные средства. Системные программные средства – это набор программ, входящих в состав операционной системы компьютера и осуществляющих управление устройствами мультимедиа, причем это управление на двух уровнях – физическое управление вводом-выводом информации на низком уровне с помощью машинных команд и управление пользователем характеристиками устройств с помощью графического интерфейса, изображающего пульт управления устройством, например, регулировки громкости звука, тембра, стереобаланса и т. д. Как правило, программы физического управления устройствами называют драйверами устройств.

Инструментальные программные средства. Инструментальные программные средства это – программы, позволяющие модифицировать мультимедийные файлы и создавать мультимедийные приложения.

Инструментальные программные средства – это пакеты программ для создания мультимедийных приложений:

- редакторы неподвижных графических изображений,

- средства создания анимированных GIF-файлов,
- средства аудио- и видеомонтажа,
- средства создания презентаций,
- средства распознавания текстов, введенных со сканера,
- средства создания обучающих программ,
- системы распознавания голоса и преобразования звуковых файлов в текстовые,
- системы создания приложений виртуальной реальности и другие.

Инструментальные средства существенно расширяют возможности управления мультимедийными устройствами по сравнению с теми, которые предоставляют системные средства, но это всегда платные продукты и некоторые из них стоят очень дорого, например, профессиональные системы видеомонтажа.

Прикладные программные средства. Прикладная программа или приложение это – программа, предназначенная для выполнения определенных пользовательских задач, рассчитанная на непосредственное взаимодействие с пользователем. В большинстве операционных систем прикладные программы не могут обращаться к ресурсам компьютера напрямую, а взаимодействуют с программно-аппаратным обеспечением посредством операционной системы. Прикладные программные средства – это готовые и, обычно, продаваемые программные системы на CD или DVD дисках – фильмы, учебники, энциклопедии, игры, книги, виртуальные музеи, путеводители, рекламные материалы и т. д.

Глава 2.2 Основы воспроизведения звука

2.2.1 Основные свойства слуха

Изучением слуха и восприятия звука занимается наука под названием психоакустика. В этой науке на основе субъективных наблюдений устанавливаются закономерности и взаимосвязи между объективными харак-

теристиками звука и ощущениями его восприятия. Эти взаимосвязи лишь иногда описываются с помощью эмпирических формул, чаще представляются в виде графиков, а иногда они носят лишь описательный характер, например, для тембра звука.

Изучение психоакустики радиоинженерами, и особенно специалистами в области звукотехники, в настоящее время необходимо потому, что результаты исследований в этой области используются в целом ряде разделов звукотехники.

В области аналоговой звукотехники результаты, полученные в психоакустике, позволяют разрабатывать регуляторы уровня и тембра, акустические головки и акустические системы, шумоподавители, эквалайзеры и усилители мощности с учетом слухового восприятия. Без знаний в области психоакустики нельзя понять, почему человек не слышит 20% нелинейных искажений громкоговорителей на низких частотах и почему раздражают его слух нелинейные искажения менее 0,1%, возникающие в транзисторных усилителях.

В цифровой звукотехнике существует необходимость понижения шума квантования, возникающего при аналого-цифровом преобразовании. Этот шум действует на слух значительно более раздражающе, чем шум аналоговой аудиоаппаратуры. Хотя максимальное отношение сигнал-шум для цифровой аудиоаппаратуры достигает 96–120дБ, при воспроизведении записи реальных музыкальных программ оно не превышает 50–70дБ. Существенное снижение шума квантования при разработке цифровой аудиоаппаратуры также возможно только с учетом особенностей слуха человека.

В системах связи и радиовещания крайне ограничены возможности выбора свободных частотных диапазонов, поэтому остро стоит задача понижения скорости цифровых звуковых потоков без снижения субъективного качества звучания.

В области цифровой звукозаписи для повышения качества воспроизведения звука требуется повышение частоты дискретизации и числа

разрядов без увеличения размеров носителя и сокращения времени записи. Для этого требуется осуществить значительное сжатие звука с уменьшением скорости цифрового потока в 4–10 раз. Поэтому в этих областях техники стали использовать субполосное кодирование, при котором звуковой звук разделяется на множество субполос шириной близкой к критической полосе слуха, а кодирование осуществляется в каждой полосе отдельно с выбором числа разрядов так, чтобы шумы квантования не ощущались на слух. Было разработано множество систем сжатия цифровых аудиоданных, основанных на различных моделях слухового восприятия, таких как MASCAM, MUSICAM, ATRAC, ASPEC и других.

В настоящее время такое кодирование звука используется в европейских цифровых системах радиовещания DAB, DRM, американской Dolby AC-3, оптических дисках системы DVD-Audio, магнитооптических мини дисках, звуковых дисках системы MP-3, в сети Internet для передачи высококачественного звука.

Стереофонические звуковые системы строятся на основе знаний бинауральных особенностей слуха человека. Такая способность слуха позволяет воспринимать объемное звучание с локализацией источников звука в пространстве.

2.2.2 Восприятие по частоте. Порог слышимости

Представляет значительный интерес частотная избирательность слухового анализатора, так как от этого параметра зависят требования к электроакустической аппаратуре. Для количественной оценки избирательных свойств слуха удобно воспользоваться понятием высоты звука. Возможность определения высоты звука является важнейшим свойством слуховой системы. Это свойство имеет огромное значение для идентификации и классификации звуков в окружающем звуковом пространстве, эта же способность слуховой системы лежит в основе восприятия интонационного аспекта музыки, т. е. мелодии и гармонии. В соответствии с международным стандартом ANSI-994 «Высота – это атрибут слухового ощущения в терминах, в которых звуки

можно расположить по шкале от низких к высоким. Высота зависит главным образом от частоты звукового стимула, но она также зависит от звукового давления и от формы волны». Таким образом, высота – это линейная классификация звуковых сигналов.

Слуховая система способна различать высоту звука только у периодических сигналов, поэтому определяющим параметром для различения высоты тона является частота сигнала. Если это сложный звук, то высоту слуховая система может присвоить по его основному тону, но только если он имеет периодическую структуру, т. е. его спектр состоит из гармоник (обертонов, частоты которых находятся в целочисленных отношениях). Если это условие не выполняется, то определить высоту тона слуховая система не может. Например, звуки таких инструментов как тарелки, гонги и др. не имеют определенной высоты.

Изучение связи частоты звука и воспринимаемой высоты предпринималось еще Пифагором, а также многими известными физиками: Галилеем, Гельмгольцем, Омом и др. В настоящее время на основе тщательных экспериментов, в процессе которых слушателю предъявлялись два звука разной частоты с просьбой расположить их по высоте, установлена зависимость высоты тона от частоты сигнала, показанная на рисунке 1.2.1.

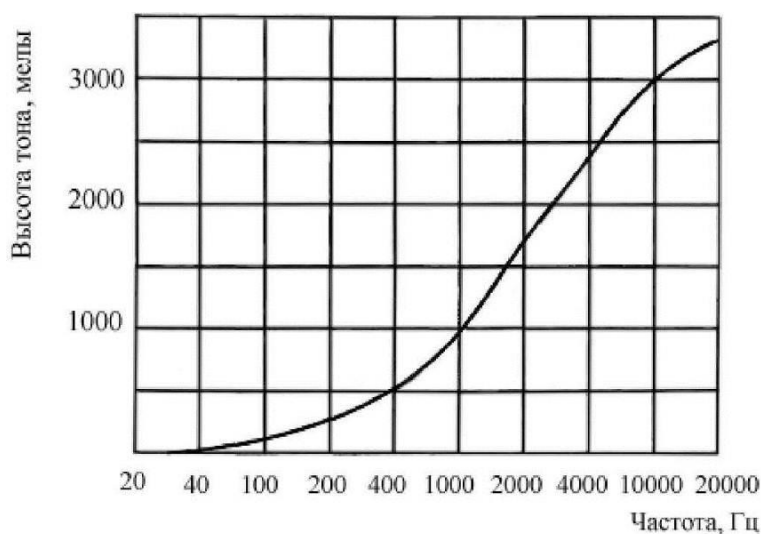


Рисунок 1.2.1 – Связь частоты и высоты тона

Высота тона измеряется в специальных единицах – мелах. Один мел

равен ощущаемой высоте звука частотой 1000 Гц при уровне 40 дБ. Как видно из рисунка, эта связь не линейна – при увеличении частоты, например, в три раза (от 1000 до 3000 Гц), высота повышается только в два раза (от 1000 до 2000 мел). Нелинейная зависимость особенно выражена на низких и высоких частотах. В средней части диапазона частот изменение высоты тона в мелах пропорционально логарифму частоты.

Ощущение высоты чистого тона связано не только с частотой, но и с интенсивностью звука и его длительностью. Как показали различные исследования, при повышении интенсивности звука громкие низкие звуки кажутся еще ниже, а высокие звуки с повышением громкости кажутся слегка выше (только для средних частот 1-2 кГц влияние интенсивности незаметно). Следует отметить, что эта зависимость весьма незначительна, а для сложных музыкальных звуков почти незаметна.

Большая точность слуха по частоте предъявляет довольно жесткие требования к точности хода лентопротяжных механизмов магнитофонов и к точности скорости и стабильности вращения дисков с записью звука.

Если волокно основной мембраны при своих колебаниях не достает до ближайшей волосковой клетки, то человек не воспринимает звук. При увеличении амплитуды колебаний волокна, как только оно коснется ближайшей клетки, произойдет раздражение нервного окончания, которое сразу же начнет посылать электрические импульсы в слуховой центр мозга; звук будет услышан.

Для того чтобы в полной тишине звук с частотой 1000 Гц был услышан, амплитуда давления вблизи человеческого уха должна достигать всего лишь $2,84 \cdot 10^{-5}$ Н/м² (эффективное значение - $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м²), что составляет всего лишь $2 \cdot 10^{-10}$ атмосферного давления. Интенсивность соответствующей плоской волны в воздухе при этом составит 10^{-12} Вт/м². Интересно заметить, что амплитуда смещения частиц воздуха при этом меньше десятой доли радиуса молекулы. Величина случайных флуктуаций силы давления на барабанную перепонку, связанная с тепловым молекулярным движением,

всего в 5-10 раз меньше силы давления звука, заметного в полной тишине.

Величина звукового давления, которая едва заметна на слух при отсутствии всяких других мешающих шумов и звуков, называется пороговой величиной звукового давления, или, сокращенно, **порогом слышимости**. Определение порога слышимости предпринималось исследователями неоднократно. Было выяснено, что пороги слышимости, определенные у ряда людей, могут сильно различаться. Эти различия имеют случайный характер для группы людей одинакового возраста, имеющих нормальный здоровый слуховой орган. Порог слышимости может изменяться у одного и того же человека в зависимости от состояния организма в данный момент: возбуждения, утомления и т. п. Поэтому надежные сведения о пороге слышимости можно получить только статистическим путем, измерив его в определенных условиях у большого числа людей.

Такие статистические исследования проводились в США (1938– 1939 гг.), в Англии (1956-1957 гг.), СССР (1958 г.). На основании международного соглашения в качестве стандарта принята кривая зависимости порога слышимости от частоты для чистого синусоидального звука, приведенная на рисунке 1.2.2. При этом в качестве испытуемых привлекались лица в возрасте от 18 до 23 лет с заведомо здоровыми органами слуха.

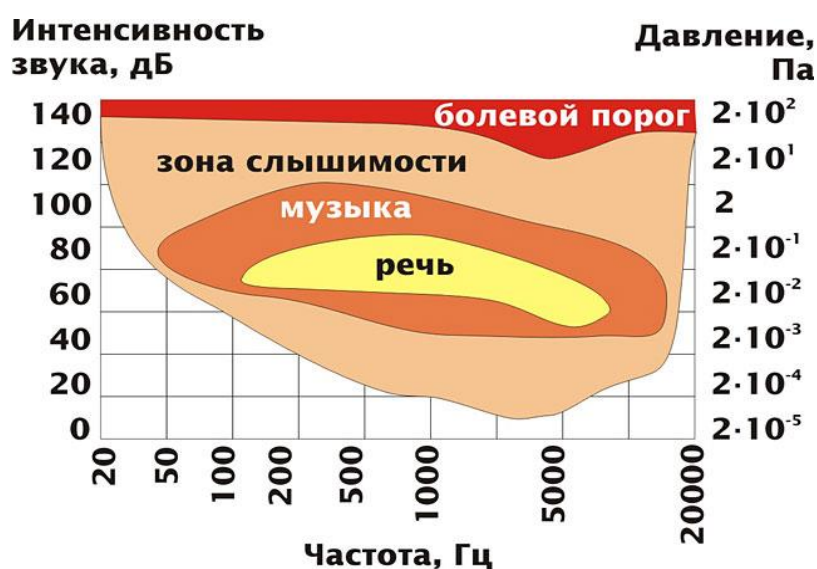


Рисунок 1.2.2 – Области слышимости звука

Как видно из рисунка 1.2.2, порог слышимости сильно зависит от

частоты. Звуки в области частот от 2000 до 4000 Гц замечаются при звуковом давлении даже меньшем $2 \cdot 10^{-5}$ Па. В то же время на нижних и верхних звуковых частотах порог слышимости существенно возрастает. Как бы мы ни увеличивали интенсивность звука на частотах выше 20000 Гц, ощущение звука не возникает, т. е. звуки с частотой выше 20000 Гц лежат за пределами частот слышимых звуков большинства людей. Точно так же дело обстоит со звуками с частотой ниже 16–20 Гц. Частоты ниже 16 Гц называются инфразвуковыми, а выше 20000 Гц – ультразвуковыми.

2.2.3 Дифференциальный порог восприятия интенсивности звука

Минимальная различимая на слух разность интенсивности двух звуков одной и той же частоты определяет так называемый **дифференциальный порог слышимости** по интенсивности звука.

Однако сила звука, выраженная в виде звукового давления или потока звуковой энергии, не является мерой величины ощущения или субъективной силы звука, которую принято называть ощущением громкости.

Отношение минимального воспринимаемого прироста некоторого стимула к первоначальной его величине является постоянным. Обозначая силу звука (звукового стимула) через J , напишем закон Вебера в такой форме:

$$\frac{\Delta J}{J} = const, \quad (2.1)$$

где ΔJ - прирост интенсивности, который следует дать звуку интенсивности J , чтобы стала заметна разница в громкости между звуками J и $J + \Delta J$. Величина $\Delta J/J$ составляет примерно 10%. Это соотношение связано со свойствами нервной системы и наблюдается не только при звуковых раздражителях, но и при зрительных, осязательных и др., поэтому оно и носит название всеобщего физиологического закона.

Следующий шаг в развитии теории Вебера был сделан в 1860 году Фехнером, который подверг соотношение (2.1) некоторой математической обработке. Фехнер принял, что прирост ΔJ есть бесконечно малая величина dJ , а правую часть счел пропорциональной бесконечно малому приросту

ощущения dE (в данном случае – ощущение громкости). Получается соотношение:

$$E = 2,3A \lg \frac{J}{J_0}, \quad (2.2)$$

где dJ – величина прироста интенсивности (принятая за бесконечно малую);

dE – соответственно «бесконечно малый прирост величины нашего ощущения;

A – некоторая произвольная постоянная, зависящая от выбора единиц ощущения.

После того, как закон Вебера записан в таком математическом виде, он представляет собой простейшее дифференциальное уравнение, которое можно интегрировать. Интегрируя выражение (1.2), получим:

$$E = A \ln J + C, \quad (2.3)$$

где C – постоянная интегрирования.

Считая, что на пороге слышимости $E = 0$ и $J = J_0$, мы определим:

$$C = -A \ln J_0, \quad (2.4)$$

и получим известный логарифмический закон, носящий название закона Вебера-Фехнера, согласно которому ощущение (E) пропорционально логарифму раздражения:

$$E = A \ln J + C. \quad (2.5)$$

Переходя к десятичным логарифмам, получим:

$$E = 2,3A \lg \frac{J}{J_0}. \quad (2.6)$$

Константу A можно принять равной некоторой удобной для вычисления величине, так как она определяет масштаб ощущения и поэтому может быть выбрана произвольно. Принимая, например, условно $2,3A = 10$, получим:

$$E = 10 \lg \frac{I}{I_0}. \quad (2.7)$$

Эта формула дает величину, которую называют уровнем ощущения. Применение шкалы децибел удобно для оценки величины слухового ощущения еще и потому, что минимально ощутимые приросты имеют величину порядка 0,5 дБ.

Вследствие логарифмического закона восприятия и широкого диапазона интенсивностей слышимых звуков для объективной оценки введено понятие **уровня интенсивности**:

$$N_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (2.8)$$

За нулевой уровень условились принимать интенсивность I_0 , близкую к пороговой интенсивности для нормального слуха на частоте 1000 Гц. Эта интенсивность, как уже отмечалось, приблизительно равна 10^{-12} Вт/м². Следовательно, болевой порог интенсивности находится около 120 дБ.

В соответствии с квадратичным соотношением между интенсивностью звука и звуковым давлением уровень звукового давления:

$$N_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \quad (2.9)$$

где p_0 – звуковое давление на нулевом уровне, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Взяв $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Н/м², что соответствует стандартному порогу слышимости уха человека на частоте 1000 Гц, получим:

$$N_p = 20 \lg p + 94, \text{ дБ}. \quad (2.10)$$

Определенная по (2.9) или (2.10) величина носит название **уровня звукового давления**, выраженного в децибелах. Численно такое же значение будет иметь и уровень интенсивности звука, определенный по формуле:

$$N = 10 \lg I + 120, \text{ дБ}, \quad (2.11)$$

где за I принята величина пороговой интенсивности 10^{-12} Вт/м².

Уровень звукового давления совпадает по величине с уровнем ощущения только для чистого тона 1000 Гц, так как при этом значение I_0 совпадает с порогом слышимости на 1000 Гц.

Понятие уровня используется не только в акустике, но и

электротехнике и связи. Так, под электрическим уровнем понимается величина:

$$N = 20 \lg \frac{U}{U_0} \quad (2.12)$$

Нулевые уровни электрических величин выбираются при этом так, чтобы мощность, выделяемая при напряжении U_0 на сопротивлении $R = 600$ Ом, составляла 1 мВт. Отсюда легко найти, что $U_0 = 0,775$ В.

В телефонии и технике дальней связи многие годы использовалась другая логарифмическая шкала – шкала неперов. Один непер соответствует отношению напряжений, равному 2,718, т.е. основанию натуральных логарифмов.

Таким образом, если $U/U_0 = e$, то $N_{НП} = \ln(U/U_0) = 1$ Нп. Из определения непера следует, что 1 Нп = 8,68 дБ, а 1 дБ = 0,115 Нп.

2.2.4 Пороги слышимости при маскировке

При одновременном воздействии на слух двух звуков один из них может не прослушиваться на фоне другого звука. Этот эффект называется маскировкой. Маскирующее действие различных звуков выявляется путем определения повышения уровня порога слышимости испытательных тонов или узкополосных шумов $N_{ПС}$ относительно уровня абсолютного порога слышимости $N_{АПС}$.

Коэффициент маскировки K_m рассчитывается в децибелах как разность этих двух уровней:

$$K_m = N_{ПС} - N_{АПС} \quad (2.13)$$

Маскировка чистым тоном. На рисунке 1.2.3 приведены кривые маскировки тона в диапазоне частот, когда мешающим звуком является тот же тон, но с фиксированной частотой $F_M = 1$ кГц и разными уровнями звукового давления N_M . По этим кривым определяется порог слышимости на конкретных частотах маскируемого тона E_p и рассчитывается коэффициент маскировки $N_{ПС}$, дБ.

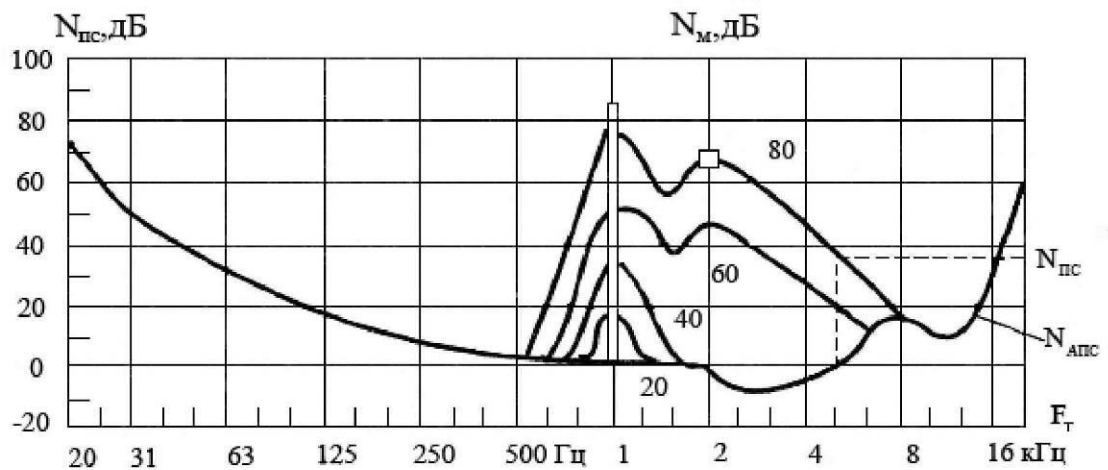


Рисунок 1.2.3 – Кривые порога слышимости тона с частотой F_T при маскировке тоном с частотой $F_M=1$ кГц и уровнем N_M , дБ

Особенности маскировки чистым тоном. Эти особенности могут быть сформулированы следующим образом:

- маскировка максимальна, когда частоты F_T и F_M близки, чем дальше по частоте они расположены друг от друга, тем меньше величина маскировки;
- величина маскировки увеличивается по мере возрастания уровня мешающего тона N_M ;
- кривые маскировки существенно несимметричны по шкале частот, у них более резкий спад в сторону низких частот и плавное понижение в сторону верхних частот, поэтому маскировка сильнее проявляется в области высоких частот;
- сдвиг маскирующего звука по частоте приводит к изменению формы кривой маскировки.

Если частота тона F_T равна удвоенной, утроенной и выше частоте мешающего тона F_M , то в широком диапазоне слышимости возникают биения, которые проявляются в виде провалов на графиках кривых маскировки. Эти биения, возникают из-за нелинейности слуха и тем заметнее, чем больше уровень мешающего тона.

2.2.5 Уровень громкости и громкость

Уровень громкости. Звуковое давление и интенсивность тонального звука, измеренные приборами, не дают представления об ощущении громкости. Между тем человек может довольно точно установить равенство громкостей двух звуков любого частотного состава. Это свойство слуха было использовано для введения понятия уровня громкости, позволяющего определить громкость одного звука относительно другого, принятого в качестве опорного.

За единицу уровня громкости приняли величину уровня интенсивности чистого тона с частотой 1000 Гц. Единица уровня громкости называется фон. Численно уровень громкости в фонах равен уровню интенсивности звука в децибелах на частоте 1000 Гц.

Определение уровня громкости тонов других частот производится по графику кривых равного уровня громкости. Эти графики называются изофонами (рисунок 1.2.4). Каждая кривая получена путем субъективного сравнения громкости синусоидального звука произвольной частоты с громкостью звука с частотой 1 кГц. Если звук с частотой 100 Гц имеет уровень 50 дБ, а равногромкий ему звук с частотой 1 кГц имеет уровень 40 дБ, то уровень громкости звука с частотой 100 Гц равен 40 фон.

Для всех изофон характерно небольшое снижение в области частот 3–4 кГц и равномерный подъем при понижении частоты ниже 500 Гц. Величина подъема на разных уровнях неодинакова. При повышении уровня изофоны спрямляются, и подъем становится менее крутым. Это значит, что частотная характеристика слуха при больших уровнях звукового давления более равномерна, чем при малых. При малых уровнях громкости форма изофон приближается к кривой абсолютного порога слышимости, которой соответствует уровень громкости 3 фона.

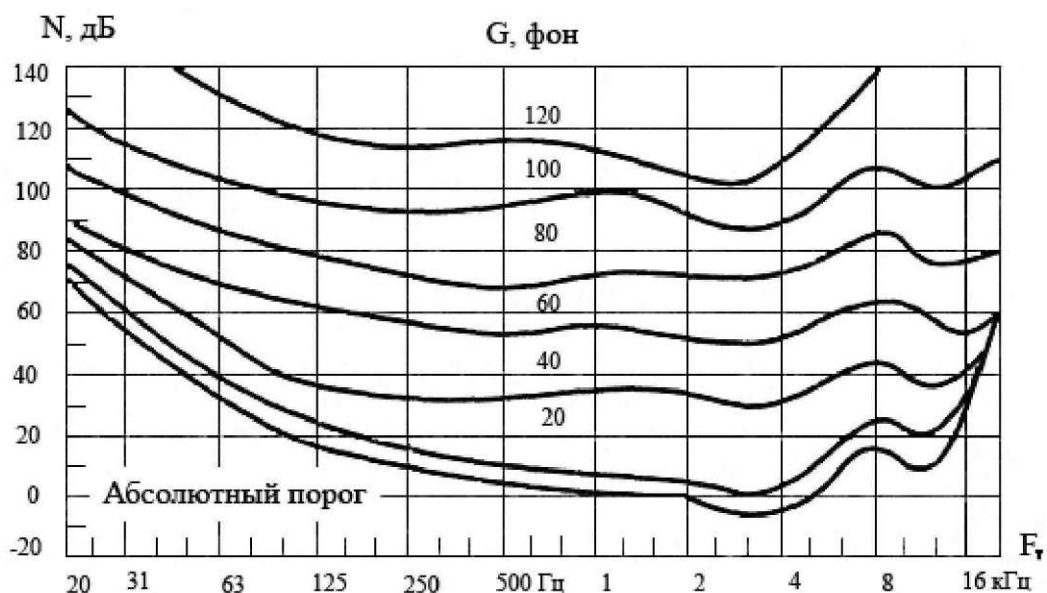


Рисунок 1.2.4 – Кривые равного уровня громкости

Чтобы получить представление об уровне громкости звуков, с которыми мы постоянно сталкиваемся в жизни, приведем ряд примеров. Громкий разговор на расстоянии 1 метр – $65 \div 70$ фон, уровень громкости в поезде метро – $85 \div 90$ фон, обычный разговор – $55 \div 60$ фон, уровень громкости в читальном зале библиотеки – $25 \div 30$ фон.

Из кривых равного уровня громкости следует, что сохранение естественного звучания, которое соответствует условиям записи, возможно только при условии воспроизведения записи с тем же уровнем.

Громкость. Громкостью называется субъективное ощущение, позволяющее слуховой системе располагать звуки по шкале от тихих до громких звуков. Громкость звука связана, прежде всего, со звуковым давлением. Обычно, чем больше звуковое давление, тем громче звучит акустическая система. Однако это не всегда так. Громкость также зависит от частоты, спектрального состава, длительности звука и его локализации в пространстве. Термин громкость иногда заменяют абсолютной, относительной или субъективной громкостью.

Необходимость введения понятия громкости связана с тем, что на практике часто представляет интерес не уровень громкости, выраженный в фонах, а величина, показывающая во сколько раз данный звук громче другого.

Представляет интерес также вопрос о том, как складываются громкости двух разных тонов. Так, если имеются два тона разных частот с уровнем 70 фон, это не значит, что суммарный уровень громкости равен 140 фон.

Для оценки громкости принята специальная единица – сон. Громкость 1 сон – это громкость тонального звука с частотой 1 кГц с уровнем 40 дБ.

Зависимость громкости от уровня звукового давления является сугубо нелинейной, у нее логарифмический характер. При увеличении уровня давления звука на 10 дБ его громкость возрастает в 2 раза. Это значит, что уровням громкости 40, 50 и 60 фон соответствуют громкости 1, 2 и 4 сона.

График, приведенный на рисунке 1.2.5, позволяет вычислить уровень громкости сложного звука с дискретным спектром.

Пусть мы имеем 3 тона: 100, 500 и 3500 Гц с уровнями звукового давления соответственно 84, 77 и 71 дБ. Требуется определить уровень громкости сложного звука. По кривым равного уровня громкости (рисунок 1.2.4) определяем уровень громкости каждой составляющей. Они все попадают на одну кривую, поэтому у всех один уровень громкости 80 фон. По графику на рисунке 1.2.5 определяем громкость каждой составляющей – 21,5 сон. Общая громкость равна сумме – 64,5 сон. По этому графику находим общий уровень громкости – 93 фона.

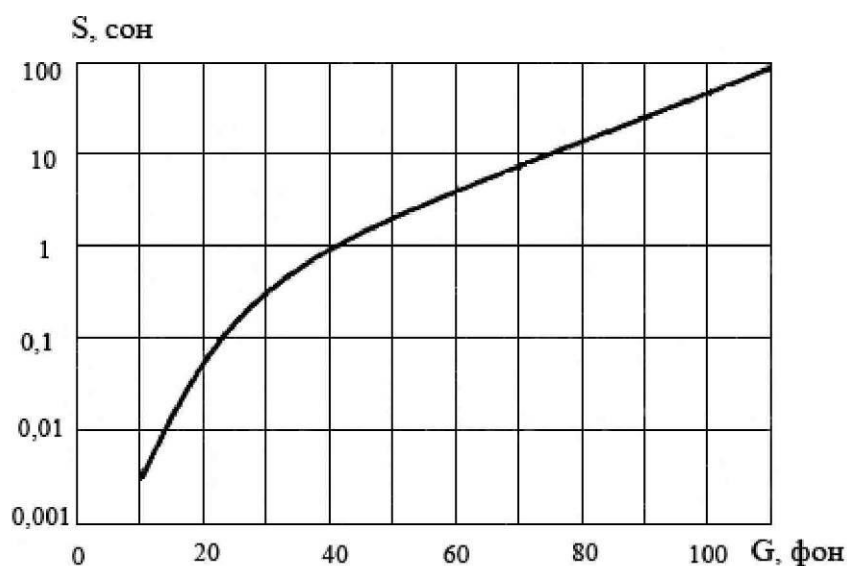


Рисунок 1.2.5 – Громкость тонального звука от его уровня громкости

Чтобы представить громкость звуков, с которыми мы постоянно сталкиваемся в жизни, в таблице 1.2.1 приведены уровни громкости и громкость для наиболее типовых звучаний.

Таблица 1.2.1 – Средний уровень громкости и громкость наиболее часто встречающихся звуков и шумов

Источник шума и место его измерения	Уровень громкости, фон	Громкость, сон
<u>Шумы вне помещений</u>		
Авиационный мотор на расстоянии 5 м	116–120	346-556
Громкий автомобильный сигнал на расстоянии 8 м	95- 100	57-88
Электропоезд на эстакаде на расстоянии 6 м	90	38
Шум в поезде метро во время движения	85-90	25-38
Автобус (полный ход) на расстоянии 5 м	85-88	25-32,2
Трамвай на расстоянии 10–20 м	80-85	17,1-25
Грузовой автомобиль в городе на расстоянии 5–20 м	60-75	4,35-11,4
Легковой автомобиль в городе на расстоянии 5–20 м	50-65	2,2-5,87
Свисток милиционера на расстоянии 20 м	70	7,95
Шумная улица без трамвайного движения	60-75	4,35-11,4
Обычный средний шум на улице	55-60	3,08-4,35
То же, в момент затишья днем	40	1,0
Тихая улица (без движения транспорта)	30-35	0,36-0,62
Тихий сад	20	0,097
<u>Производственные шумы</u>		
Удары молота по стали, клепальная машина на расстоянии 2–4 м	110-113	215-288
Котельные цехи	100-103	88-116
Общий шум в ткацком цехе	96-100	62-88
Деревообрабатывающая фабрика	96-98	62- 74
<u>Театры, школы, больницы</u>		
Симфонический оркестр	80-100	17,1-88
Аплодисменты	60-75	4,4-11,4
Громкая музыка по радио	80	17,1
Радиоцентр (студия во время исполнения)	40-50	1-2,2
Актзовые залы в школах во время перерыва	55-62	3,1-4,7
Библиотеки	25-30	0,2-0,36
Больницы	20-30	0,1-0,36
Шумное собрание	65-70	5,87-7,95
Громкий разговор на расстоянии 1 м	65-70	5,87-7,95
Обычный на расстоянии 1 м	55-60	3,08-4,35
<u>Жилые помещения</u>		
Разговор трех человек в обычной комнате	45-50	1,5-2,2
Шепот средней громкости на расстоянии 1м	20	0,1
<u>Степени музыкальной громкости</u>		
Форте-фортиссимо	100	88
Фортиссимо	90	38

Источник шума и место его измерения	Уровень громкости, фон	Громкость, сон
Форте	80	17,1
Меццо-форте	70	7,95
Меццо-пиано	60	4,35
Пиано	50	2,2
Пианиссимо	40	1,0
Пиано-пианиссимо	30	0,36

На рисунке 1.2.6 приведен пример источников шумов.



Рисунок 1.2.6 – Источники шума на Земле

Временные характеристики слуха. Слуховой аппарат инерционен: при исчезновении звука слуховое ощущение исчезает не сразу, а постепенно, уменьшаясь до нуля.

Время, в течение которого ощущение по уровню громкости уменьшается на $9 \div 10$ фон, называется **постоянной времени слуха**. В среднем она равна $30 \div 50$ мс.

2.2.6 Адаптация слуха

При воздействии на барабанную перепонку уха достаточно длительного звука большой интенсивности воспринимаемая громкость постепенно уменьшается. Это значит, что во время действия длительного громкого звука падает чувствительность уха. После прекращения действия звука чувствительность слуха постепенно восстанавливается. Это явление называется адаптацией слуха. Явление адаптации слуха поясняется рисунке 1.2.7.

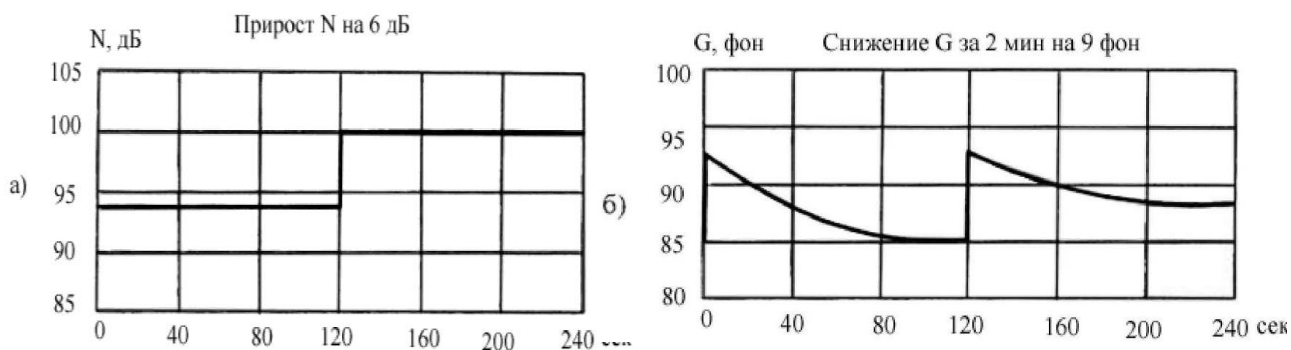


Рисунок 1.2.7 – Графики адаптации слуха при увеличении звукового давления

До сих пор мы определяли коэффициент маскировки в предположении, что маскируемый и маскирующий звуки присутствуют одновременно. Однако из-за явления адаптации слуха возникают ситуации, когда достаточно громкие звуки маскируют, делают практически неслышимыми звуки, следующие за ними. В некоторых случаях маскируются предшествующие звуки.

Такой вид маскировки, когда звуки не перекрываются по времени, называется временной маскировкой. Она разделяется на предмаскировку и послемаскировку. Послемаскировка проявляется на интервале времени 100–200 мс после окончания маскирующего звука. Предмаскировка проявляется на значительно более короткие временные интервалы около 10 мс.

Бинауральным слухом называется его способность определять направление прихода звуковой волны, т. е. локализовать положение источника звука в пространстве. Эта способность достигается благодаря пространственной несовместности двух ушей в сочетании с экранирующим влиянием головы. Это приводит к тому, что всегда имеет место неидентичность возбуждения правого и левого уха. Этот факт обеспечивает человеку возможность воспринимать пространственный звуковой мир и оценивать перемещение источников звука в пространстве.

К числу основных свойств бинаурального слуха можно отнести:

- пространственную локализацию;
- эффект предшествования;
- бинауральное суммирование громкости;
- бинауральную демаскировку.

Такие возможности слуха достигаются благодаря трем факторам.

Временным – возникающим из-за несовпадения моментов воздействия одинаковых фаз звука на левое и правое ухо.

Амплитудным – возникающим из-за неодинаковой величины звуковых давлений на левое и правое ухо вследствие дифракции звуковой волны вокруг головы, например, образования акустической тени со стороны, обратной источнику звука.

Спектральным – возникающим из-за разницы в спектральном составе звуков, воспринимаемых левым и правым ухом, вследствие неодинакового экранирующего влияния головы и ушных раковин на низких и высоких звуковых частотах.

Глава 2.3 Звуковые сигналы

2.3.1 Характеристики звуковых сигналов

Различают **первичные** и **вторичные** звуковые сигналы. К первичным относятся: сигналы, создаваемые музыкальными инструментами, пением, речью; шумовые сигналы, создаваемые для сопровождения различных музыкальных и речевых художественных передач (шум поезда, рокот моря, свист ветра и т.п.).

При оценке трактов вещания и связи полагают, что каждый акустический сигнал почти всегда является случайным в вероятностном смысле и несет в себе информацию, соответствующую его объему. Строго говоря, звуковые сигналы художественных программ, не могут рассматриваться как случайные в вероятностном смысле, так как они могут быть хорошо известны слушателям, и поэтому не несут в себе информацию. Для слушателя эти сигналы служат средством удовлетворения эстетических потребностей, а не получения информации. Однако при расчете каналов звукопередачи эти сигналы считают несущими информацию, соответствующую их объему. Хотя в музыкальных сигналах очень большие участки могут иметь периодический характер, в среднем, для больших

интервалов времени их также можно рассматривать как случайные. Поэтому параметры звуковых сигналов определяются их распределениями по уровню, по частотному диапазону и во времени.

Ко вторичным звуковым сигналам относятся сигналы, воспроизводимые электроакустическими устройствами, то есть первичные сигналы, прошедшие по электроакустическим трактам связи и вещания и соответственно видоизмененные по своим параметрам.

Динамический диапазон. В процессе любой передачи уровень акустического сигнала непрерывно изменяется, причем диапазон его изменения может быть довольно широким. На рисунке 1.3.1, а) показана зависимость уровня сигнала от времени, называемая уровнеграммой. Обычно ее приводят для уровня, определенного при постоянной времени измерителя, равной или $150 \div 200$ мс (субъективная уровнеграмма), или $20 \div 30$ мс (объективная уровнеграмма).

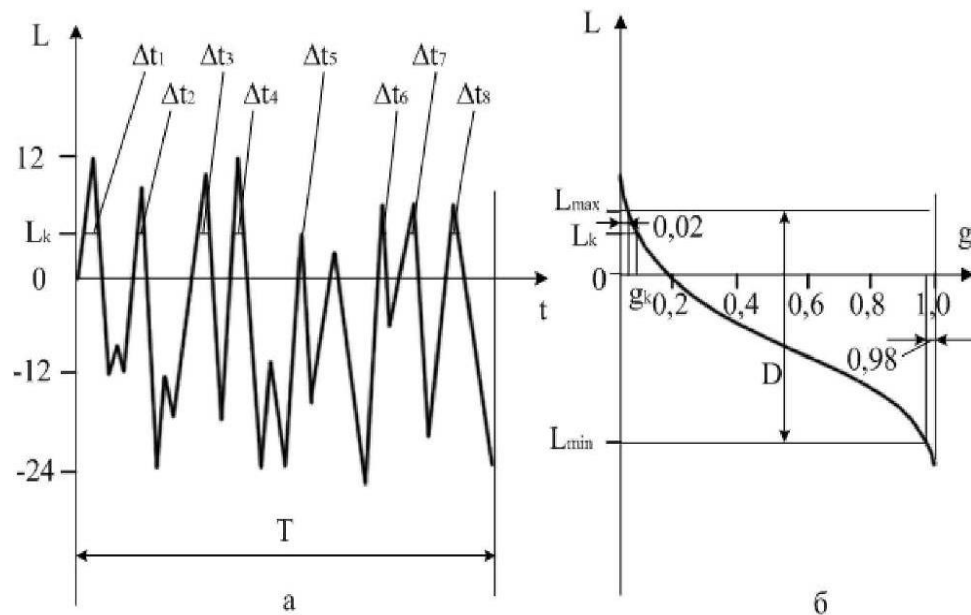


Рисунок 1.3.1 – К определению динамического диапазона: а) уровнеграмма; б) построение по ней интегрального распределения

Динамический диапазон сигнала всегда необходимо сопоставлять с динамическим диапазоном канала звукопередачи D_K :

$$D_K = 20 \lg \frac{U_{НОМ}}{U_{\phi}} - (\Delta N_1 + \Delta N_2) \quad (3.1)$$

где $U_{ш}$ – уровень шума в канале; $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение;

ΔN_1 – уровень перекрытия помех и шумов, дБ (не менее 10 дБ);

ΔN_2 – допуск на перегрузку (3–6) дБ.

Динамический диапазон для некоторых видов звуковых сигналов приведен в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1 – Динамический диапазон для некоторых видов звуковых сигналов

Вид сигнала	Динамический диапазон, дБ
Речь диктора	25÷35
Художественное чтение	35÷45
Телефонные разговоры	35÷45
Небольшие ансамбли	45÷55
Симфонический оркестр	65÷75
Рок-музыка	до 118

Как видно из таблицы, для передачи натурального динамического диапазона требуется высококачественная аппаратура (с большим запасом линейной части амплитудной характеристики). В большинстве случаев динамический диапазон первичных звуковых сигналов превышает возможности аналоговых средств связи и вещания. Поэтому при их использовании приходится предварительно сжимать динамический диапазон или же мириться с появлением значительных искажений в тракте передачи.

Средний уровень. Средний уровень интенсивности акустического сигнала можно определять или по слуховому ощущению (субъективное среднее), или как средний статистический по интенсивности для длительных интервалов времени (среднее длительное), или как средний, измеряемый прибором, имеющим небольшую постоянную времени (объективное среднее). Для вторичных сигналов достаточно определять только средний уровень по ощущению, для первичных – необходимо знать все средние уровни.

Частотный диапазон и спектры. Звуковой сигнал от каждого из первичных источников звука, как правило, имеет непрерывно изменяющуюся форму и состав спектра. Спектры могут быть высоко- и низкочастотными,

дискретными и сплошными. У каждого источника звука, даже того же самого типа (например, скрипка в оркестре), спектры имеют индивидуальные особенности, что придает звучанию характерную окраску. Эту окраску называют **тембром**. Существуют понятия тембра скрипки, тромбона, органа и т.п., а также тембра голоса: звонкий, когда подчеркнуты высокочастотные составляющие; глухой, когда они подавлены. В первую очередь, представляют интерес: средний спектр для источников звука каждого типа, а для оценки искажений сигнала – спектр, усредненный за длительный интервал времени (15с для информационных сигналов и 1 мин. – для художественных). Усредненный спектр является, как правило, сплошным и достаточно сглаженным по форме.

Сплошные спектры характеризуются зависимостью **спектральной плотности** от частоты (эту зависимость называют энергетическим спектром). Спектральной плотностью называется интенсивность звука в полосе частот шириной, равной единице частоты. Для акустики эту полосу берут равной 1 Гц.

Спектральная плотность $G = I_{\Delta f} / \Delta f$, где $I_{\Delta f}$ – интенсивность, измеренная с помощью узкополосных фильтров.

Для удобства оценки введена логарифмическая мера плотности спектра аналогично уровню интенсивности. Эту меру называют уровнем спектральной плотности или **спектральным уровнем**. Спектральный уровень $B = 10 \lg I / I_0$, где $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – интенсивность, соответствующая нулевому уровню.

Временные характеристики акустического сигнала. К временным характеристикам сигнала относятся уровнеграмма и время корреляции. Уровнеграмма сигнала дает возможность определить резкие переходы интенсивности и, следовательно, с ее помощью можно предъявить требование к постоянным времени трактов передачи сигнала. Такие временные характеристики сигнала, как время корреляции, используют редко, хотя опыты показывают, что этот параметр играет значительную роль при определении качества звучания.

Первичный речевой сигнал. Каждому человеку свойственна своя манера произносить звуки речи (своего рода устный почерк). Произношение звуков речи зависит, например, от ударения, соседних звуков и других факторов. Физические реализации ограниченного числа обобщенных звуков речи называются **фонемами**. Фонема – это то, что человек хочет произнести, а звук речи – это то, что человек фактически произносит. Фонема по отношению к звуку речи играет ту же роль, что и образцовая буква, называемая **графемой** (например, печатная курсивом) по отношению к ее рукописной форме в конкретном написании.

Импульсы потока воздуха, создаваемые голосовыми связками с достаточной точностью, могут считаться периодическими. Соответствующий период повторения импульсов называют периодом основного тона голоса T_0 . Обратную величину $F_0 = 1/T$ называют частотой основного тона. Если связки тонкие и сильно напряжены, то период получается коротким и частота основного тона – высокой; для толстых, слабонапряженных связок частота основного тона низкая. Эта частота для всех голосов лежит в пределах от 70 до 450 Гц. При произнесении речи она непрерывно изменяется в соответствии с ударением и подчеркиванием звуков и слов, а также для проявления эмоций (вопрос, восклицание, удивление и т.д.). Изменение частоты основного тона называют **интонацией**. У каждого человека свой диапазон изменения частоты основного тона, который обычно бывает немногим более октавы, и своя интонация. Последняя имеет большое значение для узнаваемости говорящего. Основной тон, интонация, устный «почерк» и тембр (окраска) голоса могут служить для опознавания человека. При этом степень достоверности опознавания выше, чем по отпечаткам пальцев. Это свойство используют в разработанной в последнее время аппаратуре, реагирующей только на определенные голоса.

Известно, что для передачи одного и того же сообщения по телеграфу и по речевому тракту требуется различная пропускная способность тракта: для телеграфного сообщения не более 100 бит/с, а для речевого – около 100000

бит/с (полоса равна 7000 Гц, динамический диапазон 42 дБ, то есть требуется семизначный код, откуда имеем: $2 \cdot 7000 \cdot 7 = 98000$ бит/с), то есть в 1000 раз большая.

Может показаться, что речевой сигнал имеет огромную избыточность. Это неверно и вот почему. Образование звуков речи происходит путем подачи команд к мускулам артикуляционных органов речи от речевого центра мозга. Этих сигналов не более десяти, при этом они изменяются медленно (в темпе смены звуков речи, то есть не более десяти раз в секунду). Поэтому общий поток сообщений для них составляет около 100 бит/с.

Резкое увеличение объема речевого сигнала объясняется следующим. Речевой сигнал представляет собой спектрально-модулированную несущую:

$$T = E(\omega)F(\omega), \quad (3.2)$$

где $E(\omega)$ – спектр импульсов основного тона или шума;

$F(\omega)$ - фильтровая (модуляционная) функция речевого тракта.

В результате спектральной модуляции изменяется соотношение между частотными составляющими несущей, то есть изменяется форма огибающей ее спектра (появляются **форманты** и **антиформанты**). Почти вся информация о звуках речи заключается в этой спектральной огибающей и ее временном изменении. Эти изменения происходят медленно (в темпе произнесения звуков), поэтому передача сведений об огибающей и ее изменении не требует пропускной способности тракта более 100 бит/с. Но для передачи широкополосной несущей с ее широким динамическим диапазоном требуется очень большая пропускная способность. Кроме того, речевой сигнал при образовании в речевом тракте приобретает много информации, не относящейся к смыслу передаваемой речи, например, фазовую информацию. Эта информация называется сопутствующей. Для ее передачи также расходуется пропускная способность тракта. Из этого следует, что избыточность речевого сигнала лишь немного превышает избыточность телеграфного сигнала с таким же сообщением, речевой сигнал отличается от телеграфного лишь информацией об эмоциях и личности говорящего. Для

передачи смысла достаточно передавать сведения о форме огибающей спектра речи, а также об изменении основного тона речи и переходов тон-шум.

Вторичный сигнал. В идеальном случае вторичный сигнал должен точно воспроизводить первичный, но это не всегда требуется, так как слух человека может и не заметить их несоответствие. К тому же на практике их точное соответствие часто невозможно или очень трудно осуществить. При художественном вещании, телевидении и звукозаписи надо стремиться к этому соответствию в пределах, при которых слуховое ощущение, создающееся у слушателя, было бы близко к тому ощущению, которое он получает, находясь в месте исполнения данной программы при создании достаточно хороших акустических условий. Для информационных программ вещания и телефонной связи этого соответствия добиваются в первую очередь для получения полной понятности речи, а затем для достаточно высокого качества звучания. Только в этом случае необходимо стремиться к более точному соответствию вторичного сигнала первичному. В обоих случаях существенную роль играют экономические соображения.

Все несоответствия первичного и вторичного сигналов являются искажениями в широком смысле этого понятия. Но обычно под этим термином понимают более узкий тип искажений. К ним относятся линейные, нелинейные, параметрические и переходные (временные) искажения.

2.3.2 Цифровое представление звуковых сигналов

Аналого-цифровое преобразование. Преобразование аналогового звукового сигнала в цифровой включает в себя несколько этапов. Сначала аналоговый звуковой сигнал подается на аналоговый фильтр, который ограничивает полосу частот сигнала и устраняет помехи и шумы. Затем из аналогового сигнала с помощью схемы выборки/хранения выделяются отсчеты: с определенной периодичностью осуществляется запоминание мгновенного уровня аналогового сигнала. Далее отсчеты поступают в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует мгновенное значение каждого отсчета в цифровой код или число. Полученная последовательность

бит цифрового кода, собственно, и является звуковым сигналом в цифровой форме. В результате преобразования непрерывный аналоговый звуковой сигнал превращается в цифровой (дискретный как по времени, так и по величине). Для примера на рисунке 1.3.2 показана структурная схема канала цифровой записи звука.

Главную роль в процессе преобразования сигнала из аналоговой формы в цифровую играет АЦП (Analog/Digital Converter – ADC). Обратный процесс преобразование цифрового звукового сигнала в аналоговый реализуется с помощью цифро-аналогового преобразователя – ЦАП (Digital/ Analog Converter – DAC).

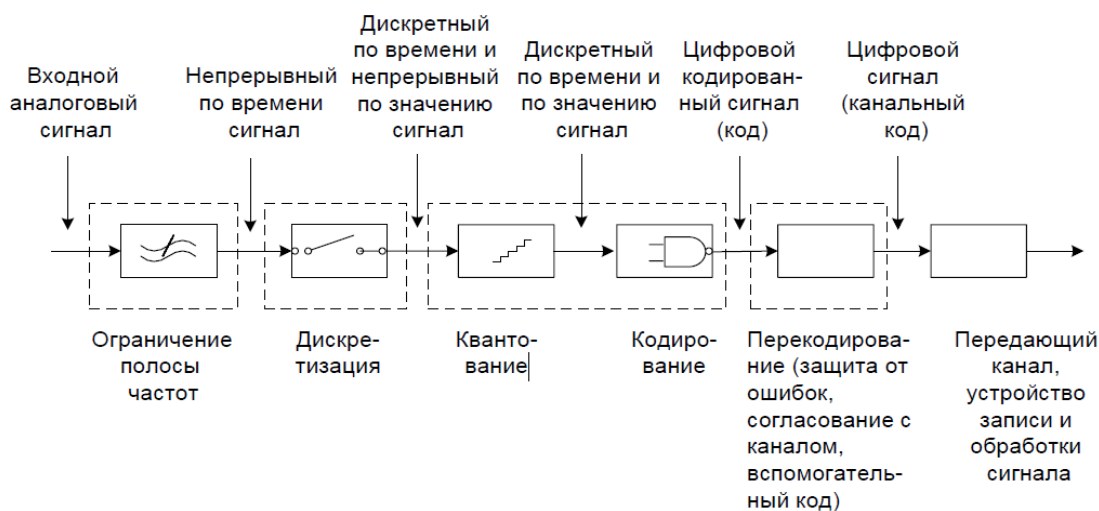


Рисунок 1.3.2 – Обобщенная структурная схема канала цифровой записи звука

Дискретизация. Важнейшим этапом аналого-цифрового преобразования является дискретизация аналогового сигнала. Вместо термина «дискретизация» в технической литературе иногда употребляют термин «выборка», а в литературе, посвященной обработке звука используется понятие – «сэмплирование». С английского языка слово Sample дословно переводится как «образец». Поэтому это слово в мультимедийной и профессиональной терминологии имеет несколько значений для обозначения разных типов «образцов». Чаще всего сэмплом называют промежуток времени между двумя измерениями аналогового сигнала. Кроме промежутка времени сэмплом называют последовательность цифровых данных, полученных в результате аналого-цифрового преобразования, а сам процесс преобразования

– сэмплированием. В иностранных журнальных публикациях такой термин как частота дискретизации вы не встретите, но в изобилии столкнетесь с частотой сэмплирования, хотя эти термины обозначают одно и то же. Термин «дискретизация» более привычен для применения в России, поэтому далее будет использоваться термин «дискретизация».

По определению, дискретизация – это процесс взятия отсчетов непрерывного во времени сигнала в равноотстоящих друг от друга по времени точках. Иными словами, в процессе дискретизации измеряется и запоминается уровень аналогового сигнала. Через заданный интервал времени, который называется интервалом дискретизации, процедура повторяется. Для качественного преобразования аналогового сигнала в цифровой необходимо производить достаточно большое количество отсчетов даже в течение одного периода изменения аналогового сигнала, другими словами, значение частоты дискретизации не может быть произвольным.

Значение частоты дискретизации фактически определяет ширину полосы частот сигнала, который может быть записан с помощью используемой цифровой системы. Ширина этой полосы не может быть больше половины значения частоты дискретизации, как определяет теорема отсчетов (Котельникова-Найквиста). Эта теорема имеет важнейшее значение в технике записи и передачи звука в цифровой форме. Теорема гласит: сигнал, спектр частот которого занимает область от $F_{\text{МИН}}$ до $F_{\text{МАКС}}$ (низкочастотный звуковой сигнал), может быть полностью представлен своими дискретными отсчетами с интервалом $T_{\text{д}}$, если $T_{\text{д}}$ не превышает $1/2F_{\text{МАКС}}$. Другими словами, частота дискретизации $f_{\text{д}} = 1/T_{\text{д}}$ в процессе преобразования должна быть, как минимум, вдвое больше наивысшей частоты звукового сигнала $F_{\text{МАКС}}$, потому, что спектр сигнала, преобразованного с помощью АЦП в цифровую форму, имеет периодический характер.

В соответствии с теоремой Фурье сигнал любой формы может быть представлен в виде суммы простейших синусоидальных колебаний разной частоты и амплитуды. По окончании аналого-цифрового преобразования

звуковой сигнал, представленный в цифровой форме, содержит, кроме низкочастотных, соответствующих исходному аналоговому сигналу, еще и высокочастотные компоненты (рисунок 1.3.3). Эти компоненты есть повторение низкочастотного спектра сигнала в виде боковых полос с центрами в точках, кратных частоте дискретизации (f_0 , $2f_0$, $3f_0$, $4f_0$ и т. д.).



Рисунок 1.3.3 – Перекрывание спектров сигнала при дискретизации

Если уменьшить частоту дискретизации, то произойдет наложение, т.е. перекрытие, низкочастотной части спектра и боковой полосы с центром в точке. Наложение спектров приведет к появлению новых спектральных составляющих в сигнале и, следовательно, к невозможности его правильного восстановления.

Классический пример наложения спектров, когда при просмотре кинофильма кажется, что колесо движущейся кареты крутится со скоростью, не соответствующей скорости движения кареты, или даже в обратную сторону. Возникновение этого эффекта обусловлено тем, что скорость смены кадров, т.е. частота дискретизации изображения, мала по сравнению с угловой скоростью вращения колеса.

Чтобы при записи звукового сигнала избежать наложения спектров, перед АЦП устанавливается фильтр низких частот (ФНЧ), подавляющий все

частоты, лежащие выше частоты дискретизации. При этом желательно, чтобы фронты АЧХ этого фильтра были как можно круче.

Если учесть, что человек способен слышать звуковые колебания, частота которых находится в диапазоне от $16 \div 20$ Гц до 20 кГц, и с позиций теоремы отсчетов взглянуть на требования к частотным характеристикам высококачественной звукотехники, например, проигрывателей аудио компакт-дисков, становится ясно, что частота дискретизации исходного звукового сигнала должна составлять не менее 40 кГц. Реально для подобных систем частота дискретизации выбирается не менее 44,1 кГц. Стандартное значение частоты дискретизации большинства звуковых карт составляет 44,1 и 48,0 кГц.

Результатом дискретизации является дискретный во времени сигнал, представляющий собой последовательность отсчетов – мгновенных значений уровня аналогового сигнала. Чем выше частота дискретизации, тем более точно будет восстановлен звуковой сигнал.

Процедура дискретизации технически реализуется с помощью устройства выборки/хранения. В качестве запоминающего элемента обычно используют конденсатор, заряжающийся до уровня напряжения входного сигнала. При этом потенциал заряда конденсатора соответствует мгновенному значению напряжения сигнала. Напряжение на конденсаторе сохраняется неизменным в течении некоторого отрезка времени, называемого временем хранения. В идеальном случае взятие отсчета должно происходить мгновенно, реально же длительность этого процесса составляет приблизительно 1 мкс.

Квантование. После дискретизации происходит второй этап аналого-цифрового преобразования – квантование отсчетов. В процессе квантования производится измерение мгновенных значений уровня сигнала, полученных в каждом отсчете, причем осуществляется оно с точностью, которая напрямую зависит от количества разрядов, используемых для записи значения уровня.

Если, задав длину N -кодového слова, записать значения уровня сигнала с помощью двоичных чисел, то количество возможных значений будет равно 2^N . Столько же может быть и уровней квантования. Например, если значение

амплитуды отсчета представляется 16-разрядным кодовым словом, то максимальное количество градаций уровня сигнала (уровней квантования) будет равно 65536 (2^{16}). При 8-разрядном представлении будем иметь 256 (2^8) градаций уровня сигнала.

Шумы квантования. Преобразование сигнала из аналоговой формы в цифровую можно произвести только с какой-то степенью точности, при этом, чем выше частота дискретизации и разрядность АЦП, тем точнее происходит преобразование.

Искажения сигнала, возникающие в процессе квантования отсчетов, влекут за собой потерю информации, которую при обратном цифро-аналоговом преобразовании в ходе воспроизведения записанного звукового сигнала ликвидировать или уменьшить практически невозможно.

Например, если преобразовать линейно нарастающий по напряжению аналоговый сигнал, то дискретный и восстановленный сигналы будут различаться на величину напряжения ошибки $U_{ош}$ (рисунок 1.3.4). При записи звука зависимость ошибки от времени гораздо сложнее, а ее спектр подобен спектру белого шума и занимает частотный диапазон от нуля до частоты дискретизации. Появление ошибок квантования при записи звукового сигнала в цифровой форме эквивалентно добавлению к восстановленному сигналу некоторого шума. Поэтому ошибки квантования называются шумом квантования. Шум квантования можно рассматривать и как специфические искажения сигнала, особенно заметные при малых его уровнях. Уровень шума квантования обычно измеряется в присутствии сигнала как уровень (в децибелах) относительно максимального значения сигнала. Чем меньше этот уровень, тем выше качество звука. Достижимый уровень шума определяется разрядностью квантования и частотой дискретизации.

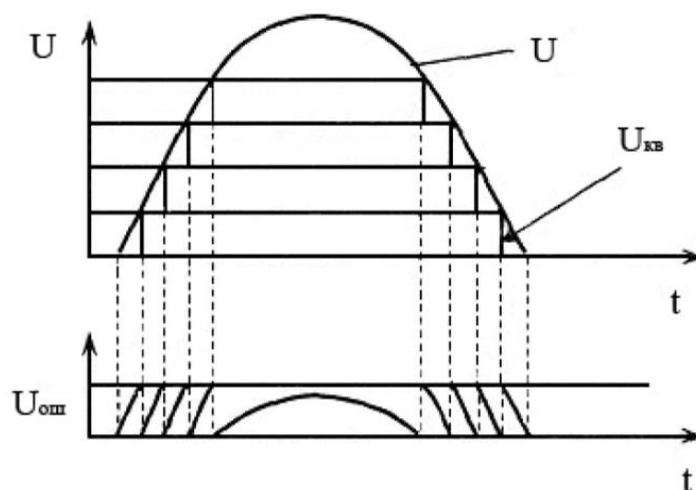


Рисунок 1.3.4 – Ошибки квантования

Затраты памяти на запись звука в цифровой форме. Зная разрядность АЦП, а точнее, количество разрядов, используемых для записи звукового сигнала в цифровой форме, можно получить некоторые интересные цифры.

Например, если умножить число разрядов кодового слова на частоту дискретизации сигнала, выраженную в герцах, то получим скорость передачи данных, которую должен обеспечивать цифровой канал записи/воспроизведения звука. Если полученную скорость передачи данных умножить на общую длительность звукового сигнала в секундах, получим объем памяти на магнитном носителе, например, на жестком диске, который потребуется для хранения звуковых данных. В случае записи стереосигнала, когда запись идет по двум (левому и правому) стереоканалам, скорость передачи данных и необходимый объем памяти удваиваются.

Передискретизация (оверсэмплинг). Для того чтобы осуществить аналого-цифровое преобразование с высоким качеством, необходимо выполнить ряд условий.

Прежде всего, при оцифровке звукового сигнала следует использовать как можно более высокую частоту дискретизации: чем выше будет частота дискретизации, тем более качественно будет восстановлен исходный сигнал. К сожалению, пропорционально увеличению частоты дискретизации возрастает поток цифровых данных в канале звукозаписи, а также объем памяти, необходимой для хранения звукового сигнала в цифровой форме.

Другое условие аналого-цифрового преобразования заключается в том, что перед дискретизацией необходимо ограничить спектр входного сигнала с помощью фильтра низкой частоты (ФНЧ). Он должен удалить все гармоники с частотами, лежащими выше частоты дискретизации, и тем самым предотвратить наложение спектров.

В современных АЦП проблема фильтрации с целью устранения высокочастотных компонент спектра решается с помощью передискретизации – дискретизации на повышенной частоте. Термину передискретизация в зарубежной технической литературе соответствует термин оверсэмплинг.

При передискретизации (оверсэмплинге) диапазон частот входного аналогового звукового сигнала ограничивается с помощью ФНЧ низкого порядка (обычно 3–5-го), имеющего линейную фазовую характеристику и практически не искажающего импульсный сигнал. Частота среза фильтра выбирается значительно выше частоты полезного сигнала и составляет 25–30кГц. В результате исключаются фазовые искажения, характерные для аналоговых фильтров высокого порядка, и подавление полезных сигналов высших частот. Отфильтрованный сигнал, имеющий ограниченный по частоте спектр, подвергается дискретизации на повышенной частоте, что исключает наложение и искажение спектра.

Далее дискретные отсчеты сигнала преобразуются в последовательность чисел с помощью АЦП, причем поток цифровых данных включает и нежелательные высокочастотные компоненты спектра.

Полученные цифровые данные подвергаются цифровой фильтрации. Цифровой фильтр высокого порядка с крутым срезом частотной характеристики изготовить гораздо проще. Причем, благодаря линейности фазовой характеристики цифрового фильтра, фазовые искажения сигнала будут отсутствовать. После цифрового фильтра сигнал будет иметь спектр, корректно ограниченный по частоте.

После цифровой фильтрации частота дискретизации сигнала понижается до удвоенного значения наивысшей полезной частотной

составляющей путем удаления «избыточных» отсчетов.

В результате передискретизации (оверсэмплинга) нежелательные высокочастотные составляющие будут ликвидированы, в то время как высокочастотные составляющие исходного звукового сигнала будут сохранены.

Цифро-аналоговое преобразование. Для воспроизведения звукового сигнала, записанного в цифровой форме, необходимо преобразовать его в аналоговую форму, то есть осуществить цифро-аналоговое преобразование сигнала (рисунок 1.3.5).

Цифро-аналоговое преобразование производится в два этапа.

На первом этапе из потока цифровых данных с помощью цифро-аналогового преобразователя выделяют отсчеты сигнала, следующие с частотой дискретизации. На втором этапе из дискретных отсчетов формируется путем сглаживания (интерполяции) непрерывный аналоговый сигнал. Эта операция равносильна фильтрации сигнала идеальным фильтром низкой частоты, который подавляет периодические составляющие спектра дискретизированного сигнала.

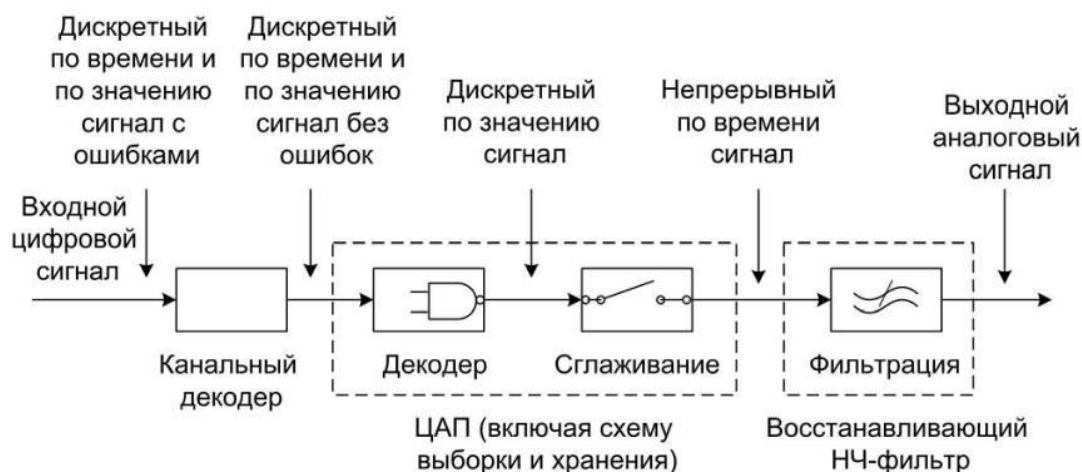


Рисунок 1.3.5 – Обобщенная схема преобразования цифрового сигнала в аналоговый

Как и в АЦП, в ЦАП широко применяется передискретизация (оверсэмплинг), поскольку существует проблема создания восстанавливающих (интерполирующих) аналоговых фильтров.

Сразу после первого этапа цифро-аналогового преобразования сигнал представляет собой серию узких импульсов, имеющих многочисленные

высокочастотные спектральные компоненты. На аналоговый фильтр в этом случае возлагается задача полностью пропустить сигнал нужного частотного диапазона, например, $0 \div 24$ кГц, и как можно сильнее подавить ненужные высокочастотные компоненты. Аналоговому фильтру выполнить такие противоречивые требования не под силу.

Полученный в результате цифро-аналогового преобразования звуковой сигнал, как правило, попадает в микшер и через линейный выход направляется в акустическую систему, в которой колебания напряжения электрического сигнала преобразуются в колебания звукового давления.

Глава 2.4 Сжатие звуковой информации

2.4.1 Общие сведения

При первичном кодировании в студийном тракте используется обычно равномерное квантование отсчетов звукового сигнала с разрешением $\Delta A = 16 \div 24$ бит/отсчет при частоте дискретизации $f = 44,1 \div 96$ кГц. В каналах студийного качества обычно $\Delta A = 16$ бит/отсчет, $f = 48$ кГц, полоса частот кодируемого звукового сигнала $\Delta F = 20 \div 20000$ Гц. Динамический диапазон такого цифрового канала составляет около 54 дБ. Если $f = 48$ кГц и $\Delta A = 16$ бит/отсчет, то скорость цифрового потока при передаче одного такого сигнала равна $V = 48 * 16 = 768$ кбит/с. Это требует суммарной пропускной способности канала связи при передаче звукового сигнала форматов Dolby Digital (формат 5.1) или 3/2 плюс канал сверхнизких частот (Dolby Surround, Dolby-Pro-Logic, Dolby THX) более 3,840 Мбит/с. Но человек способен своими органами чувств сознательно обрабатывать лишь около 100 бит/с информации. Следовательно, можно говорить о присущей первичным цифровым звуковым сигналам значительной избыточности.

Статистическая избыточность обусловлена наличием корреляционной связи между соседними отсчетами временной функции звукового сигнала при его дискретизации. Для ее уменьшения применяют достаточно сложные алгоритмы обработки. При их использовании потери информации нет, однако

исходный сигнал оказывается представленным в более компактной форме, что требует меньшего количества бит при его кодировании. Важно, чтобы все эти алгоритмы позволяли бы при обратном преобразовании восстанавливать исходные сигналы без искажений.

При использовании сложных процедур обработки устранение статистической избыточности звуковых сигналов позволяет в конечном итоге уменьшить требуемую пропускную способность канала связи лишь на 15÷25% по сравнению с ее исходной величиной, что никак нельзя считать революционным достижением.

После устранения статистической избыточности скорость цифрового потока при передаче высококачественных звуковых сигналов и возможности человека по их обработке отличаются на несколько порядков. Это свидетельствует также о существенной психоакустической избыточности первичных цифровых звуковых сигналов и о возможности ее уменьшения. Наиболее перспективными с этой точки зрения оказались методы, учитывающие такие свойства слуха, как маскировка, предмаскировка и послемаскировка. Если известно, какие доли звукового сигнала ухо воспринимает, а какие нет вследствие маскировки, то можно вычлениить и затем передать по каналу связи лишь те части сигнала, которые ухо способно воспринять, а неслышимые доли (составляющие исходного сигнала) можно отбросить (не передавать по каналу связи).

Кроме того, сигналы можно квантовать с возможно меньшим разрешением по уровню так, чтобы искажения квантования, изменяясь по величине с изменением уровня самого сигнала, еще оставались неслышимыми, т.е. маскировались исходным сигналом. После устранения психоакустической избыточности точное восстановление формы временной функции звукового сигнала при декодировании оказывается уже невозможным.

К настоящему времени достаточное распространение в радиовещании получили также еще нескольких стандартов MPEG, таких, как MPEG-2

ISO/IEC 13818-3, 13818-7 и MPEG-4 ISO/IEC 14496-3.

В отличие от этого в США был разработан стандарт Dolby AC-3 (A/52) в качестве альтернативны стандартам MPEG.

Несмотря на значительное разнообразие алгоритмов компрессии цифровых аудиоданных, структура кодера, реализующего такой алгоритм обработки сигналов, может быть представлена в виде обобщенной схемы, показанной на рисунке 1.4.1.

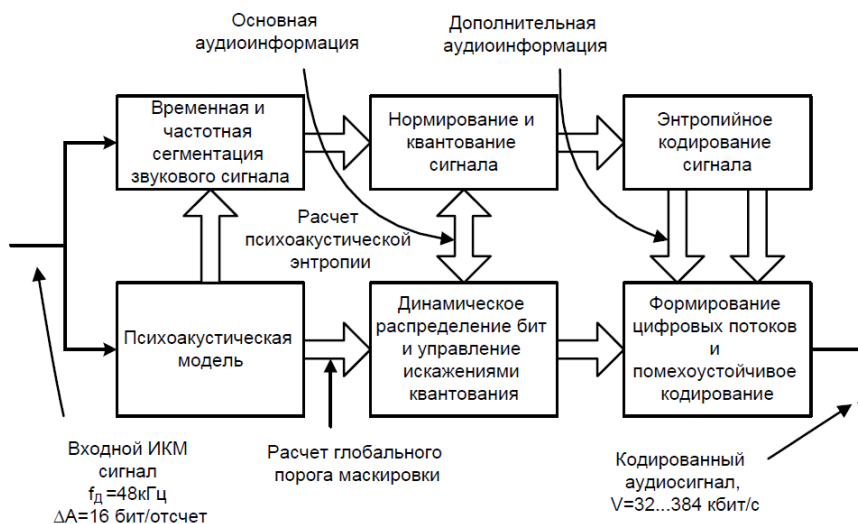


Рисунок 1.4.1 – Обобщенная структурная схема кодера с компрессией цифровых аудиоданных

2.4.2 Стандарты MPEG

MPEG расшифровывается как «Moving Picture Coding Experts Group», дословно – группа экспертов по кодированию подвижных изображений. MPEG ведет свою историю с января 1988 года. Начиная с первого собрания в мае 1988 года, группа начала расти, и выросла до очень большого коллектива специалистов. Обычно, в собрании MPEG принимают участие около 350 специалистов из более чем 200 компаний. Большая часть участников MPEG – это специалисты, занятые в тех или иных научных и академических учреждениях.

Стандарт MPEG-1. Стандарт MPEG-1 (ISO/IEC 11172-3) включает в себя три алгоритма различных уровней сложности: Layer (уровень) I, Layer II и Layer III. Эти уровни имеют различия в обеспечиваемом коэффициенте

сжатия и качестве звучания получаемых потоков. Общая структура процесса кодирования одинакова для всех уровней. Несмотря на схожесть уровней в общем подходе к кодированию, уровни различаются по целевому использованию и внутренним механизмам. Для каждого уровня определен свой цифровой поток, т.е. общая ширина потока, и свой алгоритм декодирования.

MPEG-1 предназначен для кодирования сигналов, оцифрованных с частотой дискретизации 32, 44,1 и 48 КГц.

MPEG-1 нормирует для всех трех уровней следующие номиналы скоростей цифрового потока: 32, 48, 56, 64, 96, 112, 192, 256, 384 и 448 кбит/с, число уровней квантования входного сигнала – от 16 до 24. Стандартным входным сигналом для кодера MPEG-1 принят цифровой сигнал AES/EBU (двухканальный цифровой звуковой сигнал с разрядностью квантования 20–24 бита на отсчет). Предусматриваются следующие режимы работы звукового кодера:

- одиночный канал (моно);
- двойной канал (стерео или два моноканала);
- joint stereo (сигнал с частичным разделением правого и левого каналов).

Важнейшим свойством MPEG-1 является полная обратная совместимость всех трех уровней. Это означает, что каждый декодер может декодировать сигналы не только своего, но и нижележащих уровней. MPEG-1 оказался первым международным стандартом цифрового сжатия звуковых сигналов и это обусловило его широкое применение во многих областях: вещании, звукозаписи, связи и мультимедийных приложениях. Наиболее широко используется Уровень II, он вошел составной частью в европейские стандарты спутникового, кабельного и наземного цифрового ТВ вещания, в стандарты звукового вещания, записи на DVD, Рекомендации МСЭ BS.1115 и J.52. Уровень III, его называют MP3, нашел широкое применение в цифровых сетях с интегральным обслуживанием (ISDN) и в сети Internet. Подавляющее

большинство музыкальных файлов в сети записаны именно в этом стандарте.

Стандарт MPEG-2. MPEG-2 это расширение MPEG-1 в сторону многоканального звука. Следствием совместимости MPEG-2 с MPEG-1 в части кодирования звука стало полное использование трехуровневой системы, разработанной в MPEG-1 для обработки звуковых данных кодерами стандарта MPEG-2. Различия между стандартами начинаются при переходе от двухканального звука, принятого за основу в MPEG-1, к многоканальному звуку, поддерживаемому в MPEG-2.

MPEG-2 специфицирует различия режима передачи многоканального звука, в том числе пятиканальный формат, семиканальный звук с двумя дополнительными громкоговорителями, применяемыми в кинотеатрах с очень широким экраном, расширения этих форматов с низкочастотным каналом. Соответствующее расположение громкоговорителей показано в таблице 1.4.1. В данном случае в числителе дроби указывается число фронтальных каналов, в знаменателе – число каналов, излучаемых сзади.

Одной из разновидностей многоканального звука является многоязычное звуковое сопровождение. Оно может осуществляться передачей отдельного цифрового потока для каждого языка или путем добавлением до 7 языковых каналов со скоростью 64 кбит/с к многоканальному потоку 384 кбит/с. Возможна передача дополнительных звуковых каналов для людей с ухудшением зрения и слуха.

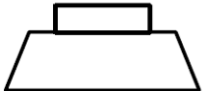
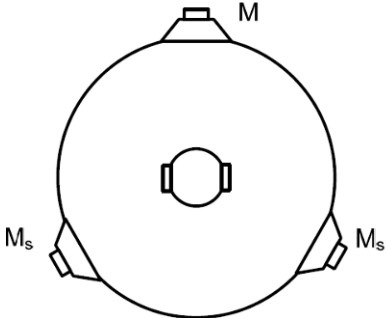
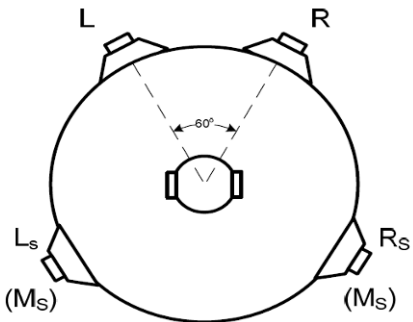
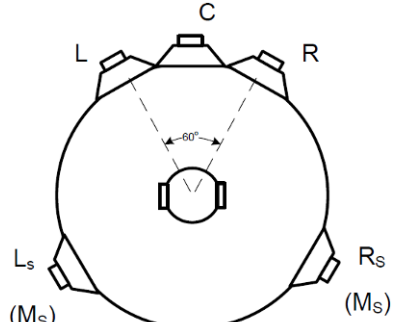
Система улучшенного кодирования звука AAC. Одной из лучших современных систем сжатия звука признана система AAC (Advanced Audio Coding – усовершенствованная система кодирования звука), специфицированная в седьмой части стандарта ISO/IEC 13818. В отличие от других методов сжатия звуковых данных, принятых в MPEG-2, она не обладает свойством обратной совместимости – декодеры MPEG-1 не могут декодировать сигнал AAC.

На данный момент существуют пять разновидностей формата AAC: HomeboyAAC; AT&T a2b AAC; LiquifierPROAAC; Astrid/Quartex AAC;

AACPlus.

Все эти модификации несовместимы между собой, имеют собственные кодеры/ декодеры и неодинаковы по качеству.

Таблица 1.4.1 – Иерархия многоканальных звуковых систем согласно Рекомендации BS.775

Система	Каналы	Обозначение	Расположение громкоговорителей
Моно	M	1/0	
Моно + моно	M	1/1	
Двухканальная стерео	L/R	2/0	
Двухканальная стерео + 1 окружающий	L/R/Ms	2/1	
Двухканальная стерео + 2 окружающий	L/R/Ls/Rs	2/2	
Трехканальная стерео	L/C/R	3/0	
Трехканальная стерео + 1 окружающий	L/C/R/Ms	3/1	
Трехканальная стерео + 2 окружающий	L/C/R/Ls/Rs	3/2	

Стандарт MPEG-4. В качестве средств компрессии звука в MPEG-4 (ISO/IEC 14496-3) используется комплекс нескольких стандартов кодирования звука: улучшенный алгоритм MPEG-2 AAC, алгоритм TwinVQ, а также алгоритмы кодирования речи HVXC и CELP. MPEG-4 предусматривает

множество механизмов обеспечения масштабируемости и предсказания. В целом, стандарт MPEG-4 AAC, предусматривающий правила и алгоритмы кодирования звука, является, продолжением MPEG-2 AAC.

MPEG-4 – аудио предлагает широкий перечень приложений, которые покрывают область от простой речи до высококачественного многоканального звука, и от естественных до синтетических звуков.

Метод кодирования MPEG-4 CELP. Метод кодирования MPEG-4 CELP предназначен для обработки речевых сигналов. На практике применяются в основном три основных класса кодеров: кодеры формы, вокодеры и гибридные кодеры.

Кодеры формы характеризуются способностью сохранять основную форму речевого сигнала. К кодерам формы относятся кодеры с импульсно кодовой модуляцией (ИКМ), кодеры с дифференциальной ИКМ (ДИКМ), адаптивной дифференциальной ИКМ (АДИКМ) и др. Системы передачи с подобным типом кодеров обеспечивают хорошее качество воспроизведения речевых сигналов, стандартная полоса частот которых составляет 300–3400 Гц, и более широкополосных звуковых сигналов. Эти кодеры малоэффективны с точки зрения снижения скоростей передачи цифровых сигналов.

Вокодеры (от английских слов «voice» – голос и «coder» – кодирующее устройство) обеспечивают значительно большее снижение скоростей передачи речевых сигналов. Сжатие на передающей стороне производится в анализаторе, выделяющем из речевого сигнала медленно меняющиеся составляющие, которые передаются по каналу связи в виде кодовых комбинаций. На приемной стороне с помощью местных источников сигналов, управляемых с использованием принятой информации, синтезируется речевой сигнал.

Стандарт MPEG-7. Аудио MPEG-7 FCD имеет пять технологий: структура описания звука, которая включает в себя масштабируемые последовательности, дескрипторы нижнего уровня и униформные сегменты

тишины; средства описания тембра музыкального инструмента; средства распознавания звука; средства описания голосового материала и средства описания мелодии. Аудиоструктура содержит средства нижнего уровня, которые обеспечивают основы для формирования звуковых приложений высокого уровня. Предоставляя общую платформу структуры описаний, MPEG-7 Audio устанавливает базис для совместимости всех приложений, которые могут быть созданы в рамках данной системы.

Для удобства обращения со сжатыми потоками, все алгоритмы MPEG разработаны таким образом, что позволяют осуществлять декомпрессию (восстановление) и воспроизведение потока одновременно с его получением (download) – потоковая декомпрессия «на лету» (stream playback). Эта возможность очень широко используется в Интернет, где скорость передачи информации ограничена, а с использованием подобных алгоритмов появляется возможность обрабатывать информацию прямо во время ее получения, не дожидаясь окончания передачи.

При попытке сделать MPEG по-настоящему универсальным, многие из этих технологий пришли извне существующей области MPEG стандартов. Этот опыт комбинирования технологий разных стандартов уже существует во многих сферах применения, включая ATSC и DVD.

MPEG-A это формат мультимедийных приложений (Multimedia Application Format (MAF)). Он описывает некоторое количество приложений, таких как формат архивирования Professional Archival Application Format.

MPEG-B. Системные технологии MPEG-B представляют собой кодирующие инструменты, такие как кодер Reconfigurable Video Coding (RVC), MPEG формат для XML, дескрипторный язык Bitstream Syntax Description Language (BSDL) и инструмент для обработки потока Dynamic Adaptive Streaming через HTTP (DASH). MPEG-B RVC включает в себя два стандарта – Codec Configuration Representation и Video Tool Library, разработанных в 2009 году. Video Tool Library отличается набором функциональных единиц Functional Units (FUs), которые описывают видео

декодирующие процессы как трансформации блоков данных, компенсацию движения и энтропийное декодирование. Язык Decoder Description Language (DDL) определяет дальнейшую структуру видео декодера, а формат закодированного потока битов определяется с использованием языка Bitstream Syntax Description Language (BSDL). Оба они относятся к стандарту Codec Configuration Representation.

MPEG-C объединяет различные элементы, включая точную спецификацию для целостного вывода обратных дискретных косинусных преобразований и возможности для применения в стереоскопическом видео (SSV), представляет собой способ качественного кодирования, основанного на трансформации блоков. Функции спецификации включают низкий уровень потерь, обратную совместимость и повторное использование существующих MPEG и других стандартов (включая MPEG-2 и AVC), гибкость в отношении схемы сжатия, доступность, простота и независимость дисплея.

MPEG-D, MPEG-E и MPEG-H. MPEG-D применим с различными аудио технологиями, включая объемный звук, пространственное кодирование, объединенное голосовое/аудио кодирование. MPEG-E – это новый стандарт (M3W), поддерживающий загрузку мультимедиа и работу с ними. MPEG-H это высокоэффективный видеокодек (HEVC), который дает существенно увеличенное видеосжатие. HEVC предназначен, чтобы вполнину снижать битрейт по сравнению с такими кодеками, как AVC. Также предусмотрен широкий диапазон применений. MPEG-M Стандарт MPEG-M eXtensible Middleware (MXM) используется для расширения использования цифрового медиа контента, производственных мультимедиа применений и устройств. MXM предоставляет спецификацию стандарта для связующих архитектур и технологий, связующих API (интерфейсов прикладного программирования) и связующих протоколов. Хотя этот стандарт был разработан без использования стандартных MPEG технологий, MXM нацелен на применение в аудио/видео медиа и для последовательной обработки этих медиа.

MPEG-U. Rich Media User Interface это спецификация, которая

предоставляет стандартный протокол для создания интерфейса пользователя, включая графические элементы, их собственные интерфейсы и менеджеры. Единственное достоинство этого стандарта это интероперабельность графических элементов от различных сервисных провайдеров. Также возможно создание персонализированных пользовательских интерфейсов.

MPEG-V делает более доступным новый набор стандартов, определяя форматы и протоколы для «информационного обмена с виртуальными мирами». Он обеспечивает обмен данными между виртуальными мирами, а также между ними и реальным миром. Интерфейс для пользователей предусмотрен с акцентом на сенсорной информации и форматах данных для взаимодействия устройств.

2.4.3 Формат Windows Media Audio (WMA)

Несмотря на то, что WMA как стандарт появился сравнительно недавно, чуть ли не последним из всех конкурентов MP3, история этого формата, вернее его кодека, началась гораздо раньше.

Во-первых, в этом кодеке было впервые достигнуто качество MP3 128 при скорости всего 64 кбит/с.

Во-вторых, на этот формат обратили внимание сразу несколько крупных телефонных компаний, так как сжатая этим кодеком голосовая информация обладала, даже при скорости всего 64 кбит/с очень высокой разборчивостью. Экспертами было установлено, что при скорости 64 кбит/с слоговая разборчивость голоса достигала 90%, в то время, как у других форматов аудиосжатия подобный показатель наблюдается при скорости в 2–2,5 раза больше, т.е. при скорости 128 и 160 кбит/с соответственно. Новый формат Voxware идеально адаптирован именно для сжатия оцифрованного человеческого голоса.

На некоторых высокоскоростных цифровых телефонных сетях США и Канады была апробирована система сжатия голосовой информации, имеющая в своей основе аппаратную реализацию разработок Voxware. Данная система позволяла вести по одной линии четыре отдельных разговора одновременно

без каких-либо искажений.

Поддержка этого кодека была включена компанией Microsoft в бесплатный Media Player. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть список поддерживаемых форматов – там есть строчка «Voxware Audio CODEC». Если учесть тот факт, что Microsoft до сих пор не поддерживает VQF и все разновидности AAC, то такая поддержка дорогого стоит.

WMA со скоростью 64 кбит/с лучше MP3 128 кбит/с или по крайней мере обладает тем же качеством. Кодеком позволяет легко перекодировать из MP3 в WMA с любой скоростью.

В общем WMA вскоре придет на смену MP3, тем более что уже появились первые аппаратные плееры с поддержкой этого формата. Подобный переход подходит только пользователям операционной системы Windows, поклонникам других платформ, например, Linux, пока придется искать альтернативы WMA.

2.4.4 Методы сжатия звука Ogg Vorbis и MusePack

Сразу после своего появления формат MP3 приобрел огромную популярность у пользователей персонального компьютера, на аудиодиск размером 650 Мб можно поместить в 10 раз больше звуковой информации, при этом сохранив приличное качество. Созданные таким образом файлы можно без проблем пересылать через Интернет, использовать в переносных устройствах, собирать музыкальные коллекции.

OggVorbis принадлежит к тому же типу форматов аудиосжатия, что и MP3, AAC, VQF, PAC, QDesign AIFF и WMA, т.е. к форматам сжатия с потерями. Психоакустическая модель, используемая в OggVorbis по принципам действия близка к MP3, но и только – математическая обработка и практическая реализация этой модели в корне отличаются, что позволяет авторам объявить свой формат совершенно независимым от всех предшественников.

Главное неоспоримое преимущество формата OggVorbis – это его полная открытость и бесплатность. WMA и Astrid/Quartex тоже бесплатны, но

авторы этих форматов не опубликовали исходные коды своих разработок, а Xiphophorus именно это и сделала. OggVorbis создается в рамках проекта GNU и полностью подчиняется GNU GPL (генеральная публичная лицензия). А это означает, что формат совершенно открыт для коммерческого и некоммерческого использования, его коды можно модифицировать без ограничений, группа разработчиков оставляет за собой лишь право утверждать новые спецификации формата.

OggVorbis использует математическую психоакустическую модель отличную от MP3, и это сказывается на звучании. MP3 и OggVorbis трудно сравнивать, но в целом звучание OggVorbis гораздо лучше.

При кодировании кодеки OggVorbis используют VBR (variable bitrate), подобно некоторым MP3 кодекам, что позволяет существенно уменьшить размер композиции, при незначительной потере качества.

Скорость кодека OggVorbis не быстрее кодека MP3. Разработчики признают, что код кодека совершенно не оптимизирован, так как эта программа была выпущена как можно быстрее для демонстрации спецификации, чтобы не быть голословными. В будущем можно ожидать существенного улучшения скоростных характеристик, особенно, когда подключатся сторонние производители.

OggVorbis, как и MP3, изначально разрабатывался как сетевой потоковый формат. Это свойство является очень важным, особенно учитывая мультиплатформенную направленность формата OggVorbis. Интернет-радиостанция использующая низкоскоростные версии OggVorbis сможет вещать сразу на всех платформах, тогда как такая же радиостанция, использующая для передачи WMA, в виде ASF, будет ограничена только пользователями Windows.

Ogg Vorbis является не единственной некоммерческой разработкой такого рода. Продолжаются попытки создания альтернативных качественных аудиокодеков.

Кодек MPEGplus (MPEG+) был позже переименован в MusePack (MPC)

из-за проблем, которые появились у автора кодека в связи с тем, что название последнего содержало в себе аббревиатуру «МРЕG». MusePack – это еще одна разновидность сжатия звука с потерями сродни MP3.

Кодеком предусмотрено кодирование только в режиме переменной скорости потока. Скорость компрессии и декомпрессии в/из MPC заметно выше скорости выполнения этих операций применительно к MP3.

Качество кодирования MPC на высоких скоростях, 160 Кбит/с и выше, значительно выше качества, обеспечиваемого MP3. Это связано с различиями в механизмах кодирования. MP3 при кодировании разбивает сигнал на частотные подполосы, затем производит разложение сигнала в ряд косинусов (MDCT – частный случай преобразования Фурье) и записывает округленные (квантованные) значения полученных после преобразования коэффициентов. MPC же после разбиения сигнала на частотные подполосы просто производит переквантование сигнала в каждой подполосе и полученные округленные (квантованные) значения записывает в выходной поток. Этим же фактом объясняется и большая скорость компрессии и декомпрессии MPC.

В отличие от Ogg Vorbis, кодек MusePack переживает сегодня не самые лучшие времена, в то время как Ogg Vorbis получает все более и более широкое распространение, MusePack остается малоизвестным, хотя и незаслуженно.

2.4.5 Форматы сжатия звука QDesign AIF и PAC

QDesign AIF. Этот формат аудиосжатия был разработан компанией QDesign и впоследствии был замечен и активно поддержан концерном Apple/Macintosh. QDesign AIF является доработкой семейства стандартов AIFF, которое представляет собой разновидность мультимедийных стандартов используемых на платформе Apple/Macintosh. Пара QDesign AIF-AIFF является полным аналогом пары WAV-MP3, используемой на платформе Wintel, за исключением степени сжатия.

PAC. Название формата PAC расшифровывается как **perceptual audio coding**, что на русский язык переводится плохо, так слово **perceptual** означает

восприятие. Поэтому вариантов перевода много, но наиболее благозвучным является «аудиокодирование, основанное на восприятии».

Данный формат был разработан фирмой Lucent Technologies при мощной инвестиционной поддержке компании Bell Labs, которую, так же, как и AT&T интересовали системы сжатия голосовой аудиоинформации, передаваемой по цифровым телефонным сетям.

Была выпущена первая общедоступная версия кодека RAC под названием Audio Library 1.0. Первая выпущенная версия этого программного продукта была демонстрационной и работала в течение 15 дней. При этом самим своим существованием данный кодек RAC опровергал все сложившиеся со времен MP3 представления о том, как должны выглядеть сжатые аудиокomпозиции. Любому поклоннику MP3, VQF, AAC должен был показаться несколько диким тот способ хранения аудиокomпозиций, который был реализован в Audio Library 1.0.

К числу недостатков этого кодека можно отнести и неприменимость сжатых композиций в качестве сетевого формата. Формат не поддерживает потоковую пересылку данных, т.е. одновременное воспроизведение и получение аудиокomпозиции. Это формат только для домашней аудиотеки и для продажи на CD-дисках.

Кроме того, аудиокomпозиции в данном формате имеют мощную защиту от нелегального копирования и очень плохо работают с CD-R при воспроизведении не на «родной» машине, на которой производилось кодирование и запись на CD-заготовку.

Кодеки, использующие алгоритмы RAC – быстрые, качественные, с хорошим соотношением размер/качество. Идеально подходят для создания домашней аудиотеки.

Глава 2.5 Программные и аппаратные средства обработки звука

2.5.1 Динамическая обработка звуковых сигналов

В настоящее время существует большое количество различных устройств для динамической обработки звуковых сигналов – это компрессоры, пороговые ограничители (гейты), лимитеры и т.д. Для каждой конкретной ситуации необходим свой прибор. Приборы имеют схожее действие, например, лимитер и гейт, но они отличаются друг от друга. Как же определить какой прибор необходим и для чего вообще нужна «динамическая обработка» рассмотрим ниже.

Звуковой сигнал изменяется в очень широких пределах, т.е. звуковой сигнал имеет очень большой динамический диапазон. Чаще всего, возможности аппаратуры, особенно аналоговой, не позволяют записать исходный сигнал с натуральным динамическим диапазоном. Эта проблема стоит еще более остро, если сигнал надо передавать по каналам связи.

Все устройства динамической обработки можно разделить на два больших класса: по характеру взаимосвязи их коэффициента усиления и уровня входного сигнала. Если при увеличении уровня входного сигнала коэффициент передачи устройства уменьшается – то это компрессор или его разновидности. Если же при увеличении входного сигнала коэффициент передачи устройства также увеличивается – то это экспандер или гейт.

Компрессор. Название прибора происходит от английского глагола «to compress» – сжимать. Это устройство для сжатия динамического диапазона исходного звукового сигнала. Компрессоры характеризуются амплитудными и временными характеристиками. Амплитудными характеристиками являются: степень компрессии и порог срабатывания. Эти характеристики отражены на амплитудной характеристике компрессора, показанной на рисунке 1.5.1.

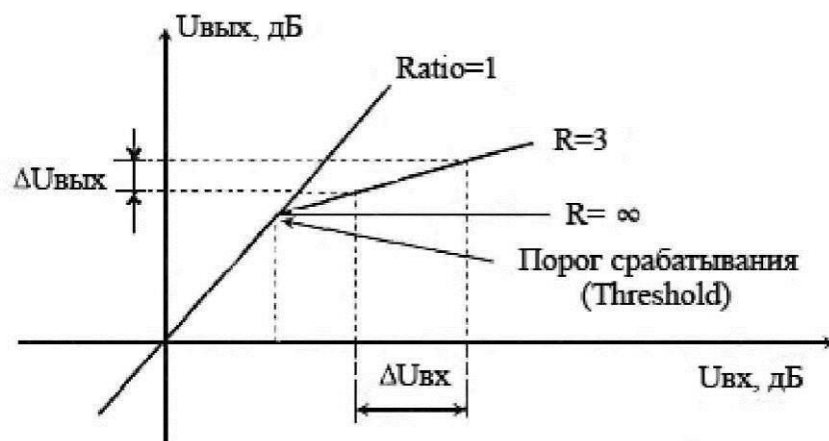


Рисунок 1.5.1 – Амплитудные характеристики компрессора

Из графика видно, что выходной сигнал равен входному до точки срабатывания компрессора – **порог срабатывания (Threshold)***. Начиная с этой точки, выходной сигнал компрессора увеличивается в меньшей степени, чем входной, т.е. осуществляется компрессия. Мерой компрессии служит степень компрессии (**Ratio**).

Степень компрессии – это отношение величины приращения входного сигнала к величине вызванного им приращения выходного сигнала. При этом измеряемые величины выражаются в децибелах

$$R = \frac{\Delta U_{вх}}{\Delta U_{вых}} \quad (5.1)$$

Любой компрессор, как, впрочем, и любое устройство динамической обработки вообще, содержит основной канал и канал управления (рисунок 1.5.2).

По характеру реакции на входной сигнал все компрессоры можно разделить на две большие группы: приборы с ручным управлением параметрами компрессии, и автоматизированные – с той или иной степенью автоматического управления этими параметрами.

В «ручных» все динамические параметры задаются пользователем, что обеспечивает очень большую свободу в выборе, для получения необходимых художественных результатов. Ведь не секрет, что компрессором можно изменить исходное звучание до полной неузнаваемости. «Ручной» компрессор как раз и служит для специального изменения характера исходного звучания.

В зарубежной литературе этот тип компрессоров часто называется **creative** – «творческий».

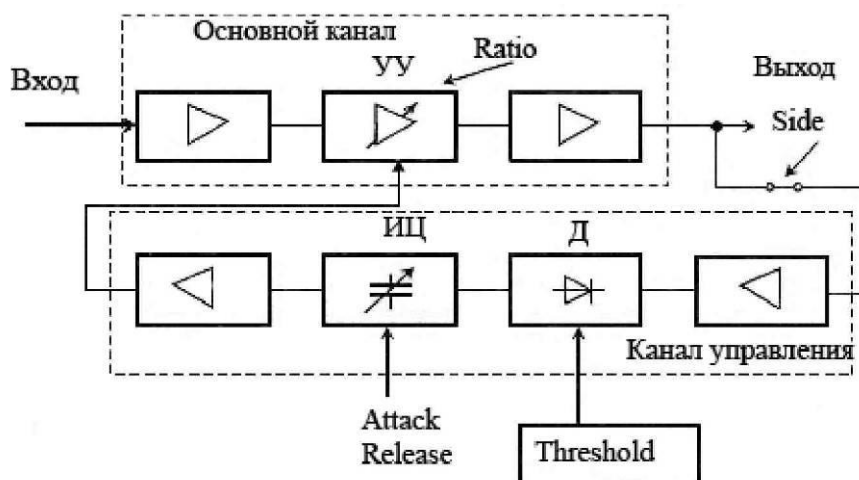


Рисунок 1.5.2 – Функциональная схема компрессора

Пользователю для работы с ними необходима достаточно высокая квалификация, так как вместо улучшения звука его можно непоправимо испортить (**перекомпрессированный сигнал исправить в дальнейшем невозможно!**).

В автоматизированных компрессорах динамические параметры раз и навсегда установлены изготовителем, и их изменение пользователем невозможно. Большинство автоматизированных компрессоров существенно не изменяют динамические параметры звука, а только выравнивают исходное звучание, делают его более плотным и насыщенным.

Автоматизированные компрессоры, в свою очередь, можно разделить также на два больших класса: RMS (Root Mean Square –среднеквадратическое значение), и, условно говоря, «не-RMS».

«Не-RMS» – это компрессоры, имеющие обычный детектор (иногда называемый пиковым), и один или несколько наборов заводских предустановок различных сочетаний времен срабатывания и восстановления. Один вариант предустановок компрессора предназначен для обработки какого-то одного типа сигналов, и только в этом случае работа такого компрессора будет действительно хорошей. Связано это с тем, что все сигналы имеют сильно различающиеся динамические параметры, причем эти

параметры для различных звучаний могут отличаться в сотни и даже тысячи раз. Очевидно, что сочетание параметров, оптимальное для одного звучания, для другого, скорее всего, будет малоприспособно.

Несколько особняком стоит RMS-компрессор – до недавнего времени экзотический тип компрессора для большинства наших звукорежиссеров. В последние годы все больше фирм приступает к их выпуску, что объясняется все большей популярностью этих компрессоров, как при звукозаписи, так и в «живой» концертной работе.

Этот тип компрессора должен реагировать на среднеквадратическое или эффективное значение сигнала, т.е. RMS-компрессор реагирует непосредственно на мощность звукового сигнала, а не на его мгновенные значения, как обычный компрессор. Это не означает что, взяв обычный компрессор и установив регуляторы **Attack** и **Release** на максимум, можно получить RMS-компрессор. Временные параметры в RMS – компрессоре изменяются в зависимости от частоты, уровня и его спектра входного сигнала. Это обеспечивает отсутствие «механистичности» в работе компрессора и очень малую заметность вмешательства компрессора в обрабатываемый сигнал. RMS-компрессор практически не изменяет динамику исходного музыкального сигнала, а только его как бы «подравнивает», уплотняет.

Лимитер. Это не отдельный вид компрессоров, а один из частных случаев работы компрессора. Лимитирование отличается от компрессирования, прежде всего степенью компрессии. Для лимитирования достаточно перевести этот регулятор в положение **Ratio** = ∞ , при этом независимо от приращения входного сигнала уровень сигнала на его выходе увеличиваться не будет. Необходимо, однако, учитывать, что основное назначение лимитера – защита последующих узлов тракта от перегрузок.

Левеллер. Это еще одна разновидность RMS-компрессора. Основное его отличие от обычного RMS – это гораздо большие постоянные времени детектора: до 10 секунд в некоторых моделях. Кроме того, они имеют несколько другую амплитудную характеристику. На рисунке 1.5.3 изображено

семейство амплитудных характеристик левеллера при различных степенях сжатия. Независимо от Ratio сигнал с входным уровнем 0 дБ на выходе имеет такой же уровень, а сигналы с иными уровнями как бы подтягиваются к нему: более сильные ослабляются, более слабые – усиливаются. Причем, чем большее Ratio установлено, тем сильнее сигналы «прижимаются» к уровню 0 дБ (уровень 0 дБ здесь приведен только для примера).

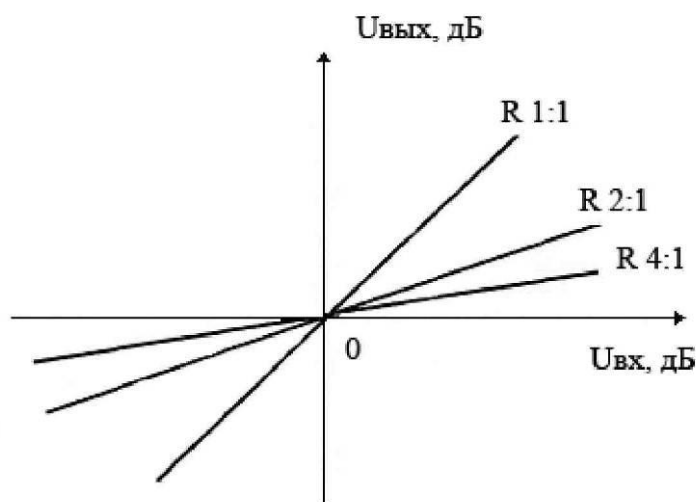


Рисунок 1.5.3 – Амплитудные характеристики левеллера

Де-эссер, де-поппер. Это варианты частотно-зависимого компрессора, а точнее – полосового компрессора. Оба эти устройства обрабатывают только узкую полосу мешающего сигнала, не затрагивая всего остального. Отличие де-эссера и де-поппера в том, что де-эссер работает на высокочастотных сигналах, убирая «цыканье» и шепелявость. Де-поппер – наоборот, работает в низкочастотной области спектра, убирая «бубнение».

Экспандер и гейт. Экспандер – это «компрессор наоборот» (от английского «to expand» – расширять, растягивать). У него коэффициент передачи пропорционален уровню входного сигнала, т.е. чем громче входной сигнал, тем громче выходной.

Существуют две основных разновидности экспандера – «экспандер вверх» (**upward expander**) и «экспандер вниз» (**downward expander**). Отличаются они по характеру реагирования на входной сигнал. «Экспандер вверх» обрабатывает сигналы, лежащие только выше порога его срабатывания, делая громкие еще более громкими. Тихие же сигналы, ниже

порога срабатывания, он не трогает. В звукорежиссерской практике этот режим практически не используется, хотя про него часто говорят: «Хороший прибор, позволяет восстановить исходную динамику чрезмерно сильно зажато компрессорами сигнала».

«Экспандер вниз», напротив, не «трогает» сигналы выше порога срабатывания, а только делает тише сигналы, лежащие ниже этого порога. По характеру своего действия на сигнал это устройство схоже с гейтом, и применяется для аналогичных целей: для подавления слабых мешающих сигналов. В этом качестве «экспандер вниз» входит составной частью практически во все шумоподавители (денойзеры).

Гейт (от английского gate – клапан, ворота) – один из самых распространенных приборов динамической обработки. Функция Gate – полная противоположность сжатию и ограничению. Основное, изначальное назначение гейта – отсечка сигналов малого уровня, для которых он и является своеобразным клапаном, не пропуская их на выход.

На рисунке 1.5.4 изображены три сигнала – входной (верхняя сигналограмма), сформированная генератором Гейта огибающая (в середине) и результирующий выходной сигнал (внизу).

В момент превышения входным сигналом порога срабатывания запускается специальный триггер, который, в свою очередь, запускает формирователь огибающей гейта, и тот начинает последовательно вырабатывать три составных части управляющего напряжения. В первый момент после запуска формируется **attack**, затем сохраняется достигнутое состояние – до момента, когда входной сигнал станет меньше порога срабатывания. После того, как входной сигнал станет меньше порога срабатывания, триггер изменяет свое состояние, и начинают формироваться следующие две части огибающей. Под действием этого напряжения управляемый усилитель изменяет свой коэффициент усиления и получается результирующий, обработанный гейтом, выходной сигнал.

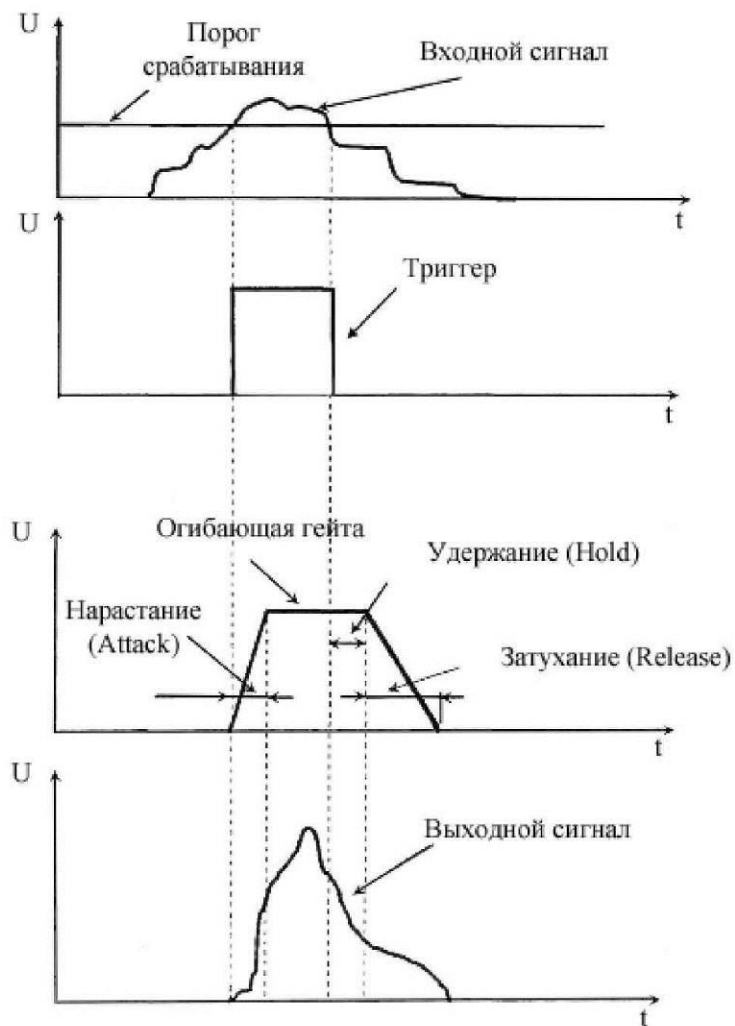


Рисунок 1.5.4 – Диаграмма работы гейта

Динамика, обработанного гейтом сигнала будет отличаться от исходной. Сигналы, лежащие ниже порога срабатывания, будут подавлены. Сигналы же выше порога будут зависеть от соотношения их исходной скорости и времени открывания гейта, т.е. результирующая сигналограмма может быть как более резкая, так и более плавная. Аналогично – и с процессом затухания сигнала.

2.5.2 Частотная обработка звуковых сигналов

Для изменения спектра звуковых сигналов путем регулирования АЧХ трактов используют различные устройства, создающие спады или подъемы АЧХ в области нижних и верхних частот или в ограниченных участках на средних частотах. К числу этих устройств относятся:

- регуляторы плавного подъема и спада АЧХ на нижних и верхних

частотах;

- фильтры, резко ограничивающие полосу пропускания по нижним и верхним частотам (так называемые, обрезные фильтры);
- фильтры «присутствия» (презенс-фильтры);
- многополосные регуляторы АЧХ, называемые эквалайзерами (от англ. слова equaliser – корректор, выравниватель).

Основными целями регулирования спектра являются:

- придание большей выразительности звучанию певческих голосов и музыкальных инструментов;
- уменьшение заметности некоторых недостатков речи, например, неприятного тембра, шепелявости; посвистывания;
- создание некоторого подобия певческой форманты;
- создание различных звуковых эффектов, например, имитации звучания речи по телефону, по радио, через рупор;
- имитация акустической обстановки передаваемых сцен;
- получение новых, необычных тембров;
- исправление нарушений частотного баланса, возникающего при воспроизведении сигналов с повышенной или пониженной по сравнению с исходной громкостью;
- подчёркивание характерной особенности звучания инструментов и их выделение на фоне массивной оркестровки;
- ослабление влияния помех (шумов) при реставрации старых фонограмм, записанных механическим, оптическим или магнитным способом, и при записи в неудовлетворительных акустических условиях.

Фильтры плавного подъема и спада АЧХ. Фильтры плавного подъема и спада АЧХ позволяют изменять в широких пределах спектральные характеристики отдельных источников в области нижних и верхних частот звукового диапазона (рисунок 1.5.5).

Подъемы и спады АЧХ осуществляются обычно в пределах $\pm (15+24)$ дБ плавно или ступенями по 3,6 дБ; частоты среза ФВЧ - 60, 120, 250 Гц, ФНЧ

-12, 10, 8, 5, 3 кГц, крутизна спада - не менее 12 дБ/окт. Указанные пределы регулирования позволяют получить естественное звучание при акустических дефектах студии, несовершенстве микрофонов или неудачном их расположении.

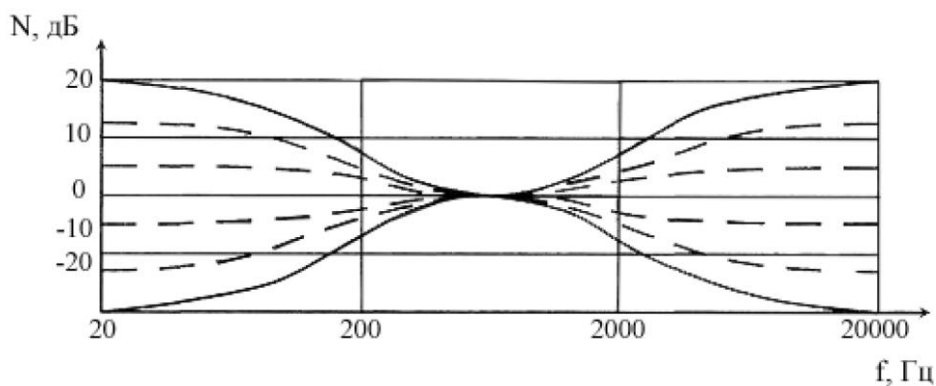


Рисунок 1.5.5 – Частотные характеристики фильтров плавного подъема и спада

С помощью таких фильтров можно подчеркнуть характерные оттенки исполнителей, изменить в значительной степени характер звучания, чтобы придать ему новизну и оригинальность.

Фильтры среза. С помощью фильтров среза (обрезных фильтров) (рисунок 1.5.6) можно создавать такие звуковые эффекты, как:

- «разговор по телефону»;
- «передача по радио» и др.

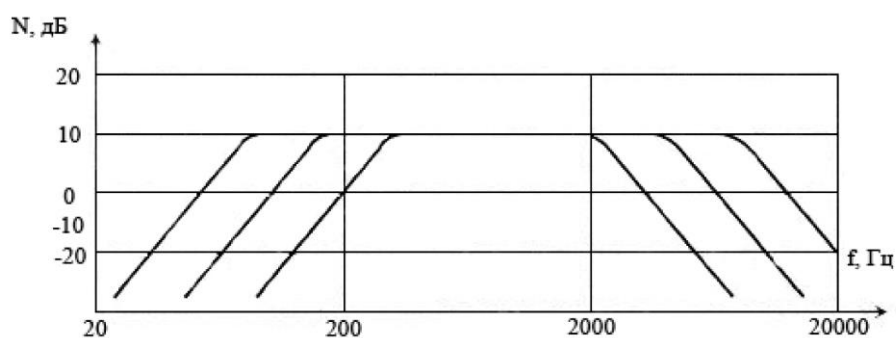


Рисунок 1.5.6 – Частотные характеристики фильтров среза

Чаще всего эти фильтры используют:

- для ослабления низкочастотного фона (от освещения, блоков питания);
- для ослабления высокочастотного шума магнитной ленты;
- для ослабления НЧ и ВЧ помех при студийных записях и

реставрации старых фонограмм.

Фильтры присутствия. Фильтры присутствия («презентс»-фильтры) обеспечивают эффект кажущегося присутствия слушателей около исполнителя или исполнителя около слушателя. Эти фильтры позволяют подчеркнуть область средних частот, где расположены певческие и инструментальные форманты, что делает звучание певцов-солистов или отдельных инструментов более сочным и ярким, как бы выделенным из общей звуковой картины и приближенной к слушателю.

Фильтры присутствия позволяют выделять относительно узкие участки спектра в диапазоне частот 700–4000 Гц (рисунок 1.5.7).

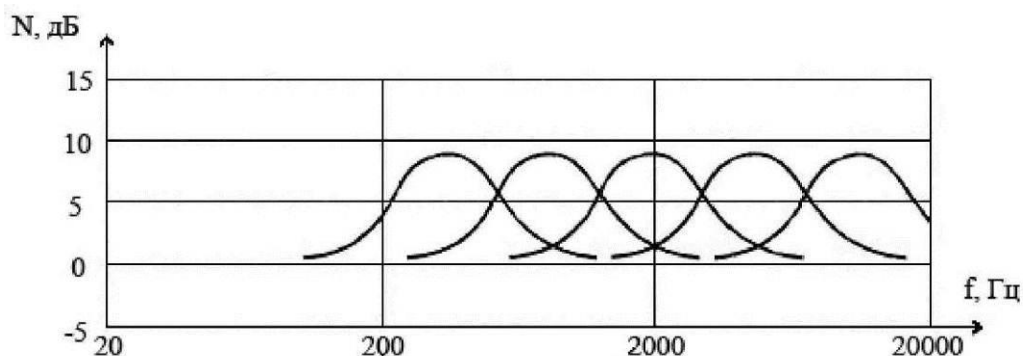


Рисунок 1.5.7 – Частотные характеристики фильтров присутствия

Эквалайзеры. Эквалайзеры, с которыми можно встретиться на практике, отличаются большим разнообразием – от простейших НЧ- и ВЧ-регуляторов до сложнейших параметрических устройств. Причем все эти типы эквалайзеров могут быть изготовлены по двум различающимся между собой принципам построения: по последовательной или параллельной схеме.

По мере развития радиоэлектроники и звукотехники стали создаваться и все более сложные регуляторы тембра. Сначала появились регуляторы, обеспечивающие возможность регулирования тембра на нескольких фиксированных частотах, они были собраны на LC-контурах, поэтому были громоздки и дороги, и только немногие могли позволить себе такую технику.

Положение изменилось с широким распространением транзисторов и микросхем. Развитие схмотехники позволило создать электронные аналоги катушек индуктивности с электронным управлением величиной

индуктивности. Широкое применение нашли всем известные графические и параметрические эквалайзеры и их разновидности, в том числе упрощенные: полупараметрические, фильтры присутствия, и пр.

Графический эквалайзер – это многодиапазонный корректор АЧХ электрических звуковых сигналов. Границы полного диапазона частот, в котором осуществляется коррекция АЧХ, определяются диапазоном частот, воспринимаемым слухом человека. Нижней границей этого диапазона являются звуковые колебания с частотой около 20Гц, а верхней - около 20кГц. Органы управления выполняются в виде движковых регуляторов, благодаря чему положение их ручек как бы отображает АЧХ устройства в графическом виде, откуда и произошло само это название. Частоты, на которых осуществляется регулирование в графических эквалайзерах, унифицированы, и выбираются из ряда стандартных частот, которые перекрывают весь звуковой диапазон, и отстоят друг от друга на некоторый постоянный интервал. Этот интервал может составлять октаву, ее половину, или треть, т.е. средние частоты соседних по частоте фильтров будут различаться в 2, $\sqrt{2}$ и $\sqrt[3]{2}$ раз.

В **параметрическом эквалайзере** для каждой полосы осуществляется независимая друг от друга установка всех параметров (отсюда и название «параметрический»): центральной частоты регулирования, ширины полосы регулирования Width, или обратной ей величины - добротности Q и величины подъема/завала АЧХ. Иногда эти эквалайзеры еще называются эквалайзерами типа bell, это название соответствует виду АЧХ. Для регулятора типа bell (от английского bell колокол) АЧХ имеет действительно колоколообразную форму с максимальной глубиной регулирования на основной частоте его настройки, и плавно уменьшающейся по мере удаления от нее.

Особняком стоит тип эквалайзеров, называемых **параграфическими**. По своей сути это гибрид из ПАРАметрического и ГРАФического эквалайзеров, отчего и произошло это необычное название. Параграфический эквалайзер – это фактически многополосный параметрический, но имеющий

Первые чисто электронные ревербераторы использовали тракт записи-воспроизведения магнитофонов со сквозным каналом. Сигнал, снятый с выхода усилителя воспроизведения, подавался назад, на вход усилителя записи. Регулируя его уровень, можно было менять время затухания получаемого отзвука, т.е. как бы время реверберации. Конечно, в системах с одной головкой воспроизведения получалась не настоящая реверберация, а просто ряд затухающих повторений исходного сигнала, т.е. обычное эхо. На самом деле – это устройство для создания эхо, или как принято его называть «дилэй» (от английского Delay – задержка).

2.5.4 Методы и устройства для создания специальных звуковых эффектов

Эффект дилэй (Delay/Echo). Необходимость в этом эффекте возникла с появлением стереофонии. Сама природа слухового аппарата человека предполагает в большинстве ситуаций поступление в мозг двух звуковых сигналов, отличающихся временем прихода. Если источник звука находится «перед глазами», на перпендикуляре, проведенном к линии, проходящей через уши, то прямой звук от источника достигает обеих ушей в одно и то же время. Во всех остальных случаях расстояния от источника до ушей различны, поэтому либо одно, либо другое ухо воспринимает звук первым.

Дилэй применяется, прежде всего, в том случае, когда запись голоса или акустического музыкального инструмента, выполненную с помощью единственного микрофона, встраивают в стереофоническую композицию. Но дилэй может применяться и для получения эффекта однократного повторения каких-либо звуков.

На рисунке 1.5.9 изображена схема работы простейшего дилэя. Сигнал, идущий по звуковому тракту разделяется на две части. Первая часть проходит без каких-либо помех, а вторая поступает на дополнительный контур и задерживается там, как правило, в современных приборах время задержки регулируется в пределах от 50мс до 5с. После этого задержанный сигнал микшируется с основным, чаще всего с немного уменьшенным уровнем. Получается эффект однократного эхо.

Для получения многократного эхо включается обратная связь, в результате чего сигнал начинает как бы двигаться по кольцу, накладываясь на основной сигнал много раз. Это приводит к появлению эффекта, который моментально «раздвигает» звуковое пространство и создает ощущение, что музыкальный инструмент находится в большом горном каньоне.

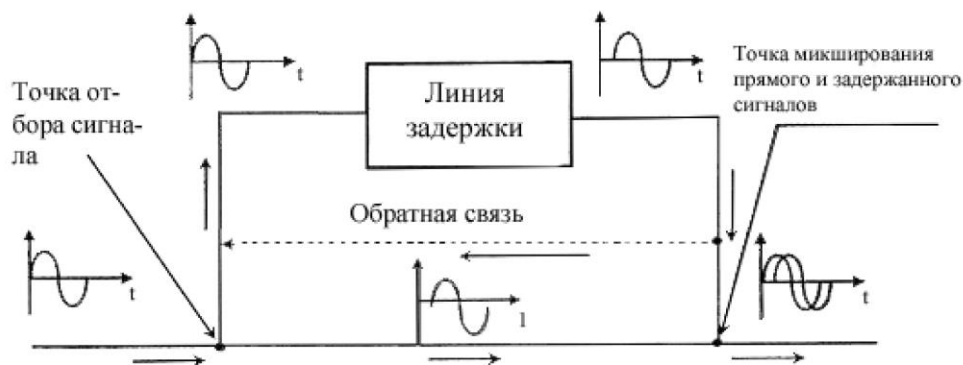


Рисунок 1.5.9 – Схема работы эффекта задержки

Эффект хорус (Chorus). Хорус проявляется как эффект исполнения одного и того же звука или всей партии не одним инструментом или певцом, а несколькими. Искусственно выполненный эффект является моделью звучания настоящего хора. В том, что хоровое пение или одновременное звучание нескольких музыкальных инструментов украшает и оживляет музыкальное произведение, сомнений нет.

Существует множество разновидностей алгоритмов хоруса. Но все они имеют общие элементы:

- исходный сигнал разделяется на два или несколько каналов;
- в каждом из каналов спектр сигнала сдвигают по частоте на определенную для каждого канала величину, частотные сдвиги при этом составляют лишь доли герца;
- сигналы, полученные таким способом, складывают. В итоге получается сигнал, в котором звуковые волны как бы «плывут» с разными скоростями. Один раз за время, пропорциональное произведению периодов колебаний разностных частот, сигналы складываются в фазе, и образуется максимум огибающей звуковых колебаний; один раз за это же время каналные сигналы складываются в противофазе, и получается минимум

огибающей. В итоге образуется сигнал, спектр которого непрерывно изменяется, причем период полного цикла этого изменения столь велик, что повторяемость спектральных свойств сигнала не ощущается.

Хорус настолько украшает звучание инструментов, что ныне стал одним из эффектов, имеющихся практически в каждом синтезаторе и многих звуковых картах. Так, например, цифровой сигнальный процессор одной из лучших звуковых карт-синтезаторов Yamaha SW60XG обеспечивает более десятка вариантов хоруса.

Эффекты флэнжер (Flanger), фэйзер (Phaser), вау-вау (Wah-Wah). В основу звуковых эффектов **флэнжер (Flanger)** и **фэйзер (Phaser)** также положена задержка сигнала. Рассмотрим в чем заключается отличие этих эффектов от дилэя.

Дилэй имитирует эффект неодновременного восприятия мозгом человека звуковых сигналов, поступающих в уши. Эффект повторного звучания может быть вызван и распространением звука от источника к приемнику различными путями, например, звук может приходиться, во-первых, напрямую и, во-вторых, отразившись от препятствия, находящегося чуть в стороне от прямого пути. И в том, и в другом случаях время задержки остается постоянным. В реальной жизни этому соответствует ситуация, когда источник звука, приемник звука и отражающие предметы неподвижны относительно друг друга. При этом частота звука не изменяется, каким бы путем и в какое бы ухо он не приходил.

Если же какой-либо из трех элементов подвижен, то частота принимаемого звука не может оставаться той же, что и частота звука переданного. Это есть не что иное, как проявление эффекта Доплера, который в школьных учебниках традиционно поясняется на примере изменения высоты звучания гудка движущегося паровоза.

Реальные музыкальные звуки при распространении претерпевают не только расщепление на несколько волн и различную (для каждой из них) задержку, но и неодинаковое для различных спектральных составляющих

изменение частот.

Флэнжер и фэйзер каждый по-своему имитирует проявления взаимного перемещения упомянутых трех элементов: источника, приемника и отражателя звука. И тот, и другой эффекты представляют собой сочетание задержки звукового сигнала с частотной или фазовой модуляцией. Разница между ними чисто количественная, флэнжер отличается от фэйзера тем, что для первого эффекта время задержки копии и изменение частот сигнала значительно большее, чем для второго. Образно говоря, флэнжер наблюдался бы в том случае, когда певец мчался бы к зрителю, сидящему в зале, со скоростью автомобиля. А чтобы ощутить фэйзер в первоизданном виде, движущегося источника звука не требуется, зрителю достаточно часто-часто вертеть головой из стороны в сторону.

Эффект вау-вау возникает, когда меняется частота среза фильтра высоких частот (High-pass).

Вокалстрессор. К устройствам звуковых эффектов относится вокалстрессор – сочетание эквалайзера с комбинированным АРУ, содержащим сжиматель, расширитель, ограничитель максимальных уровней. С помощью вокалстрессора подчеркивают голос певца или звучание солирующего инструмента. Этим назначением устройства объясняется его название, означающее в буквальном переводе «подчеркиватель, выделитель пения» (streess в переводе с английского – подчеркивать, выделять, ударять).

Генераторы вибрато. В самом общем смысле суть эффекта вибрато заключается в периодическом изменении одного из параметров звукового колебания: амплитуды, частоты или фазы. Изменение параметра происходит с очень малой частотой – единицы герц. Различают амплитудное, частотное и фазовое вибрато. В любом случае результатом является обогащение спектра исходного колебания.

Амплитудное вибрато. Амплитудную модуляцию называют еще *амплитудным вибрато*, или *тремоло*. На слух она воспринимается как замирание или дрожание звука.

Частотное вибрато. Суть частотного вибрато заключается в периодическом изменении частоты звукового колебания. В электронной музыке частотное вибрато получило широкое распространение лишь после создания электронных музыкальных инструментов.

Эксайтер (Exciter). С момента своего появления эксайтер был и остается самым популярным в мире психоакустическим процессором. Сейчас нет ни одной уважающей себя фирмы, которая не выпускала бы как минимум одной модели эксайтера.

Применение эксайтера придает прозрачность и четкость любому звучанию, при его включении звук как бы «раскрывается». Значительно улучшаются проработка и восприятие мельчайших деталей и нюансов звукового сигнала, звук становится живым и естественным. Вокал после обработки его эксайтером приобретает повышенную четкость и полётность, ударные инструменты начинают звучать лучше, чем «живые».

Энхансер (Enhancer). Энхансер один из самых первых психоакустических процессоров. В нашей стране этот класс устройств стал известен по аппаратуре фирмы Alesis. Он позволяет в ряде случаев сделать звучание несколько более четким и звонким. Особенно хорош энхансер для обработки отдельных звуков, преимущественно с малым временем звуковой атаки.

По сути, энхансер – это гейт или экспандер, но работающий только в высокочастотной области спектра звуковых сигналов.

Глава 2.6 Теле- и видеосигналы

2.6.1 Телевизионные системы

Во времена вражды в 50–60-е годы прошлого века правительства стран-соседей старались всячески оградить свое население от «тлетворного» влияния, глуша радиопередачи и делая невозможным прием телевидения из-за границы. Многие преуспели в этом, придумав собственные стандарты, несовместимые с принятыми в других странах. Сыграла свою роль и

коммерция – никто ведь не хочет, чтобы его фильмы бесплатно смотрели миллионы зрителей другого государства. Так и появилось множество разноликих стандартов – сначала черно-белого, а затем уже цветного телевидения.

До середины 60-х годов XX века наши специалисты в области телевидения в основном ориентировались на американский стандарт NTSC, вещание в котором началось в США еще в 1953 году. Но даже в богатой Америке цветные телевизоры с трудом находили дорогу в дома зрителей. Стоили они довольно дорого, а краски на экранах были далеки от реальности.

Дело в том, что стандарт NTSC обеспечивает высокую четкость по цвету, но крайне привередлив к качеству канала передачи.

Пробные передачи в стандарте NTSC в начале 60-х лет велись и у нас в Москве. Но при наших масштабах – от Москвы до Владивостока – затраты на модернизацию линий связи могли превысить текущие финансовые возможности в стране.

В 1965 году президент Франции Де Голь объявил о выходе Франции из НАТО и советское руководство решило сделать ряд встречных шагов по сближению. Во время одного из визитов на высшем уровне, без каких бы то ни было консультаций со специалистами, было заявлено о принятии французского стандарта SECAM. Так в СССР и в «братских странах социалистического лагеря» появилась система, несовместимая с общепринятой в большинстве стран Западной Европы.

В 1963 году Вальтер Брух из компании Telefunken продемонстрировал систему PAL, в которой цветовая информация передавалась дважды в двух соседних строках, но в противофазе. За счет усреднения сигналов удавалось почти полностью подавить характерные цветовые искажения. Четкость в цвете при этом снижалась вдвое, однако на глаз это было практически незаметно. По существу, PAL – это усовершенствованная NTSC, только для ее реализации требуется прецизионная линия задержки сигнала на одну строку. Сегодня это наиболее распространенная система цветного телевидения, которую

использует около ста стран Западной Европы, Азии и Африки.

Ограниченность зоны вещания – это одна из объективных причин появления на свет множества несовместимых стандартов.

Сепаратный SECAM. Франция всегда шла своим особым путем и при появлении цветного телевидения вспомнила об изобретении инженера Анри де Франса. В 1954 году он создал систему, свободную от недостатков американской. SECAM в переводе с французского означает «поочередная передача цветов и память», и в полном соответствии с этим в ней в разных строках поочередно передаются красный и синий сигналы, а в приемнике для восстановления недостающей информации имеется линия задержки (память) на одну строку. Но самое главное, что для передачи сигналов цветности в ней используются частотная модуляция, делающая ее нечувствительной к помехам и искажениям в каналах связи. Как и PAL, SECAM снижает цветовую четкость в два раза по сравнению с NTSC.

После заключения политического соглашения в 1965 году система дорабатывалась совместно специалистами Франции и СССР, и после ряда модификаций она наконец-то была принята для вещания одновременно в СССР и во Франции.

За прошедшие годы с момента принятия SECAM в нашей стране много раз возникали споры: стоило ли равняться на французов и не сменить ли стандарт на более распространенный PAL. Сейчас, в связи с интенсивным переходом к цифровым технологиям эти споры поутихли – «цифра» гарантирует не только полную совместимость всех телевизоров нового поколения, но и гораздо более высокую четкость, стабильность и качество цветов картинки. В таблице 1.6.1 приведены сравнительные характеристики телевизионных систем.

Таблица 1.6.1 – Разновидности видеосигналов телевизионных систем

Тип системы	NTSC	PAL	SECAM
Вертикальная частота развертки, Гц	60	50	50
Горизонтальная частота развертки, кГц	15.374	15.625	15.625
Число строк в кадре	525	625	625
Число видимых (активных) строк в кадре	480	576	576
Тип модуляции цветовой поднесущей	Амплитудная	Амплитудная	Частотная

В настоящее время все телестудии США в массовом порядке переходят на цифровой стандарт ATSC (Advanced Television Systems Committee). В Европе внедряется наземное цифровое телевидение в стандарте DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial), а спутниковое у них уже давно почти все цифровое. Япония разработала свой стандарт ISBD (Integrated Services Digital Broadcasting), который является модификацией европейского стандарта. Таким образом, в мире налицо период совместного существования аналогового и цифрового наземного ТВ. Даже у нас в России ведутся передачи в стандарте DVB-T, а многие сотни тысяч домов оснащены тарелками и цифровыми ресиверами для приема передач со спутников. Более того, цифровое телевидение сегодня приходит в дома жителей крупных городов по кабелю или через провайдера Интернет.

В России принят стандарт SECAM D/K (первая буква относится к диапазону метровых волн, вторая – дециметровых), во Франции – SECAM E/L, Монако – SECAM C/L, Иране – SECAM B, Германии – PAL B/G, Англии – PAL A/I, Бельгии – PAL B/H, Бразилии – PAL M/M, Китае – PAL D/K, в США, Японии и Тайване – NTSC M/M.

2.6.2 Форматы представления видеосигнала

Низкочастотный телевизионный видеосигнал является композитным, т.е. представляет собой результат сложения яркостного сигнала Y , двух цветковых поднесущих, модулированных сигналами цветности U и V , а также синхроимпульсов, причем частоты цветоразностных сигналов лежат в

пределах полосы спектра яркостного сигнала.

В бытовых устройствах ограничиваются более простыми полосовыми фильтрами, заметно снижающими четкость изображений. Так в видеомаягнитофонах и камерах классов VHS (Video Home System) и Video-8 используются только композитные видеосигналы, при этом разрешение ограничено 240 телевизионными строками.

Следующим шагом к повышению качества является переход к **компонентному** сигналу YUV. Он используется в профессиональной аппаратуре класса Betacam и обеспечивает разрешение до 500 строк.

Последним шагом в этой череде является RGB-представление, при котором отсутствуют какое-либо кодирование и модуляция, и осуществляется наиболее простая и точная передача сигнала. Подобное представление реально используется только в высокоточной научной измерительной аппаратуре.

За последние несколько лет появилось большое число различных цифровых форматов представления видеосигнала. Аппаратура, работающая в этих форматах, выпускается рядом фирм – законодателей мод в видеотехнике, такими как Sony, Panasonic, JVC и т. д.

2.6.3 Цифровое представление телевизионного сигнала

Современный этап развития телевидения характеризуется интенсивным внедрением цифровых методов обработки сигналов и цифровых способов управления телевизионными узлами и устройствами. Аналоговое телевидение постепенно и неуклонно превращается в цифровое. При этом неизменно остаются основополагающие принципы телевидения – дискретизация изображения во времени и пространстве и принцип телевизионной развертки. Внедрение цифровых технологий, однако, переводит телевидение на более высокую стадию развития, так как цифровая обработка информации имеет, по сравнению с аналоговой, ряд существенных преимуществ. Перечислим некоторые из них:

- возможность широкого применения цифровых запоминающих устройств большой емкости с неограниченным временем хранения информации;

- возможность регенерации (восстановления формы) цифрового сигнала, что позволяет избежать накопления ошибок, например, при многократной передаче сигнала и сохранить высокое качество изображения на выходе цифровой системы;

- использование методов цифровой фильтрации с применением ЭВМ для восстановления изображений, искаженных по разным причинам;

- упрощение обмена телевизионными программами при разных стандартах благодаря более качественной и надежной работе цифровых преобразователей телевизионных стандартов по сравнению с аналоговыми;

- широкое внедрение автоматизации в производство аппаратуры за счет использования цифровых интегральных схем;

- возможность обеспечения длительного бесподстроечного режима работы оборудования за счет высокой технологичности производства и надежности элементов цифровой техники;

- повышение эффективности ТВ за счет уменьшения избыточности телевизионного сообщения путем оптимального кодирования видеосигнала.

На сегодняшний день цифровые методы обработки и передачи ТВ сигналов широко внедряются в вещательном телевидении.

Системы цифрового телевидения могут быть двух типов. В системах первого типа, полностью цифровых, преобразование передаваемого изображения в цифровой сигнал и обратное преобразование цифрового сигнала в изображение на телевизионном экране осуществляются непосредственно в преобразователях свет-сигнал и сигнал-свет. Во всех звеньях тракта передачи изображения информация передается в цифровой форме. В цифровых телевизионных системах второго типа аналоговый телевизионный сигнал, получаемый с датчиков, преобразуется в цифровую

форму, подвергается всей необходимой обработке, передаче или консервации, а затем снова приобретает аналоговую форму. При этом используются существующие датчики аналоговых телевизионных сигналов и преобразователи свет-сигнал в телевизионных приемниках. В этих системах на вход тракта цифрового телевидения поступает аналоговый телевизионный сигнал, затем он кодируется, то есть преобразуется в цифровую форму. Это преобразование представляет собой комплекс операций, наиболее существенными из которых являются дискретизация, квантование и непосредственно кодирование.

Аналого-цифровое преобразование видеосигналов. Для преобразования любого аналогового сигнала, звука или изображения, в цифровую форму необходимо выполнить три основные операции: дискретизацию, квантование и кодирование.

1. Дискретизация – представление непрерывного аналогового сигнала последовательностью его значений или отсчетов. Эти отсчеты берутся в моменты времени, отделенные друг от друга интервалом, который называется интервалом дискретизации. Величину, обратную интервалу между отсчетами, называют частотой дискретизации.

На рисунке 1.6.1 показан исходный аналоговый сигнал и его дискретизированная версия. Картинки, приведенные под временными диаграммами, получены в предположении, что сигналы являются видеосигналами одной строки, одинаковыми для всего телевизионного растра.

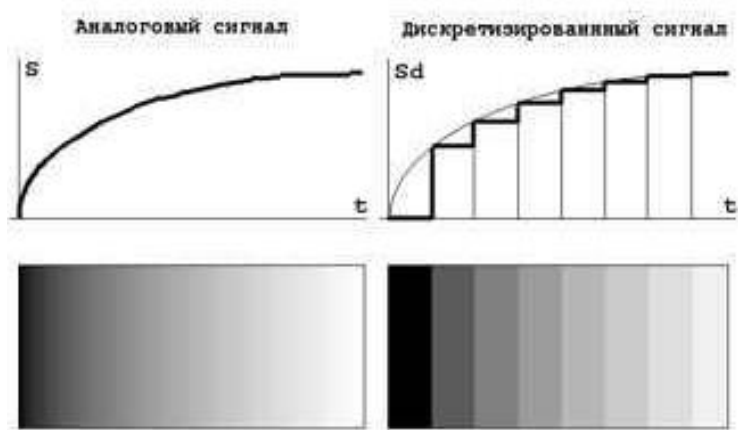


Рисунок 1.6.1 – Процесс дискретизации аналогового сигнала

Чем меньше интервал дискретизации и, соответственно, выше частота дискретизации, тем меньше различия между исходным сигналом и его дискретизированной копией. Ступенчатая структура дискретизированного сигнала может быть сглажена с помощью фильтра нижних частот. Таким образом и осуществляется восстановление аналогового сигнала из дискретизированного. Но восстановление будет точным только в том случае, если **частота дискретизации, по крайней мере в 2 раза, превышает ширину полосы частот исходного аналогового сигнала**, это условие определяется известной теоремой Котельникова. Если это условие не выполняется, то дискретизация сопровождается необратимыми искажениями.

2. Квантование представляет собой замену текущей величины отсчета сигнала ближайшим значением из набора фиксированных величин – уровней квантования. Другими словами, квантование – это округление величины отсчета. Уровни квантования делят весь диапазон возможного изменения значений сигнала на конечное число интервалов – шагов квантования. Расположение уровней квантования обусловлено шкалой квантования. Используются как равномерные, так и неравномерные шкалы.

На рисунке 1.6.2 показаны исходный аналоговый сигнал и его квантованная версия, полученная с использованием равномерной шкалы квантования, а также соответствующие сигналам изображения.

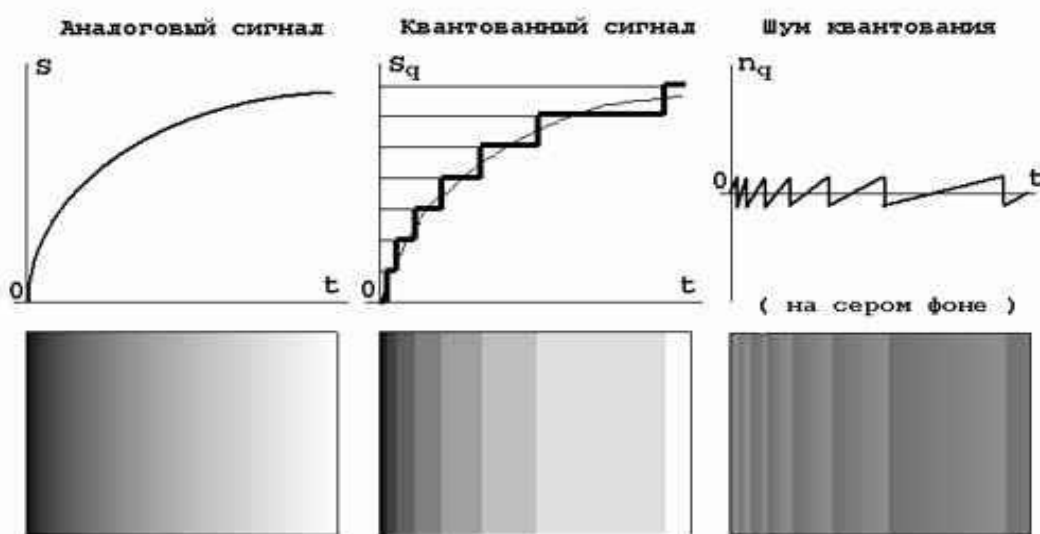


Рисунок 1.6.2 – Процесс квантования

Искажения сигнала, возникающие в процессе квантования, называют шумом квантования. При аппаратной оценке шума вычисляют разность между исходным сигналом и его квантованной копией, а в качестве объективных показателей шума принимают, например, среднеквадратичное значение этой разности. Временная диаграмма и изображение шума квантования (на сером фоне) также показаны на рисунке 1.6.2. 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.

3. Цифровое кодирование. Квантованный сигнал, в отличие от исходного (аналогового), может принимать только конечное число значений. Это позволяет представить его в пределах каждого интервала дискретизации числом, равным порядковому номеру уровня квантования. В свою очередь это число можно выразить комбинацией некоторых знаков или символов. Совокупность знаков или символов и система правил, при помощи которых данные представляются в виде набора символов, называют кодом. Конечная последовательность кодовых символов называется кодовым словом. Квантованный сигнал можно преобразовать в последовательность кодовых слов. Эта операция и называется **кодированием**. Каждое кодовое слово передается в пределах одного интервала дискретизации. Для кодирования сигналов звука и изображения широко применяют двоичный код.

Кодовые слова можно передавать в параллельной или последовательной формах (рисунок 1.6.3). Для передачи в параллельной форме надо использовать n линий связи. Символы кодового слова одновременно передаются по линиям в пределах интервала дискретизации.

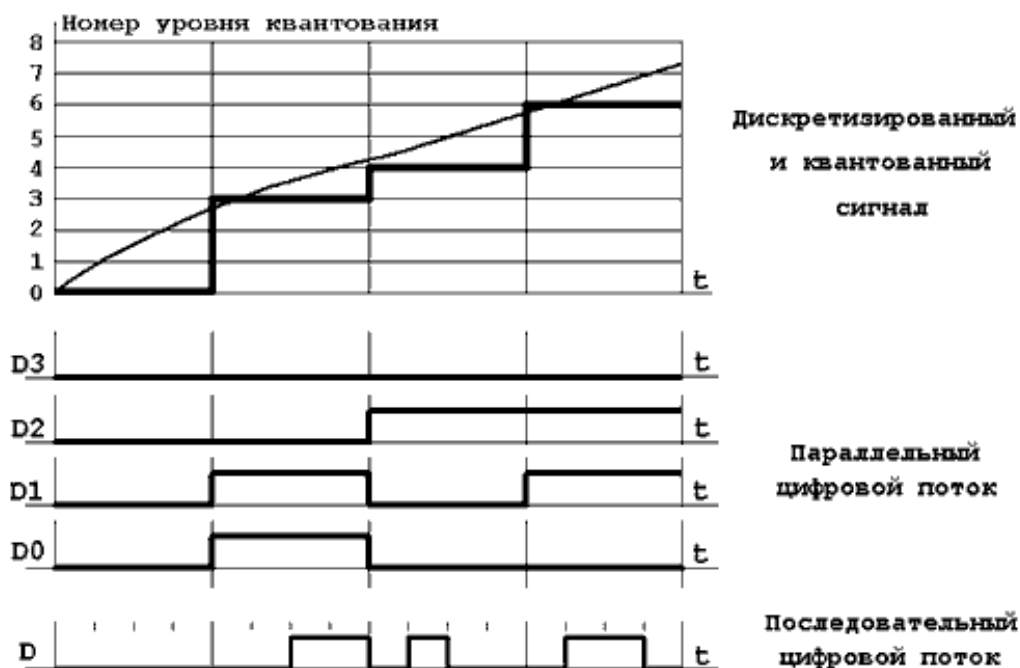


Рисунок 1.6.3 – Аналого-цифровое преобразование

Цифровое представление компонентного видеосигнала.

Компонентный телевизионный видеосигнал может быть представлен в цифровой форме в соответствии с Рекомендацией ITU-R 601. Эта рекомендация устанавливает правила отдельной дискретизации, квантования и кодирования сигнала яркости **Y** и двух цветоразностных сигналов **R-Y (Cr)** и **B-Y (Cb)**. Частота дискретизации для яркостного сигнала **Y** установлена равной 13,5 МГц, для цветоразностных сигналов – 6,75 МГц, то есть частота дискретизации яркостного сигнала в 2 раза больше частоты дискретизации цветоразностных сигналов. Если взять в качестве условной, т.е. базовой для иерархии цифровых стандартов, единицы частоту 3,375 МГц, то частоты дискретизации яркостного и двух цветоразностных сигналов будут находиться в соотношении **4:2:2**, которое и дает часто используемое название стандарта.

Существуют и другие форматы представления компонентного сигнала в цифровом виде. Кодирование по стандарту **4:4:4** предполагает использование частоты 13,5 МГц для всех трех компонентов: R, G, B или Y, Cr, Cb (рисунок 1.6.4).

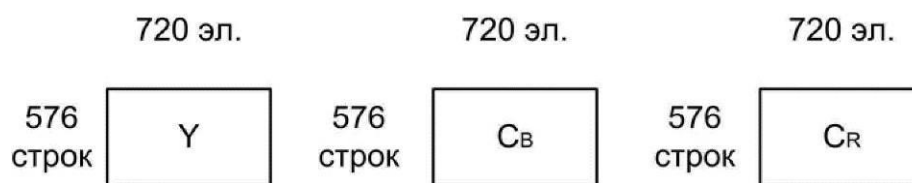


Рисунок 1.6.4 – Кодирование компонентного видеосигнала (4:4:4)

Формат **4:4:4:4** описывает кодирование четырех сигналов (рисунок 1.6.5), три из которых являются компонентами видеосигнала (R, G, B или Y, Cr, Cb), а четвертый (альфа-канал) несет информацию об обработке сигнала, например, о прозрачности изображения переднего плана при наложении нескольких изображений. Дополнительным четвертым сигналом может также быть сигнал яркости Y. Частота дискретизации всех сигналов – 13,5 МГц, т.е. все сигналы передаются в полной полосе частот.



Рисунок 1.6.5 – Кодирование компонентного видеосигнала (4:4:4:4)

Цифровое представление композитного видеосигнала.

Композитный сигнал по системам PAL и NTSC дискретизируется с частотой $4f_{sc}$, равной четвертой гармонике цветовой поднесущей. $4f_{sc}$ – частота дискретизации композитного видеосигнала, равная учетверенной частоте цветовой поднесущей. В системе PAL $4f_{sc}$ близко к 17,73 МГц, в NTSC – к 14,31 МГц. Рисунок 1.6.6 иллюстрирует дискретизацию и квантование композитного телевизионного видеосигнала. В системе NTSC строка содержит 910 отсчетов, из которых 768 образуют активную часть цифровой строки. В системе PAL на интервал аналоговой строки приходится нецелое число отсчетов с частотой $4f_{sc}$. Это обусловлено тем, что в системе PAL помимо четвертьстрочного сдвига используется дополнительный сдвиг частоты поднесущей на частоту кадров (25 Гц).

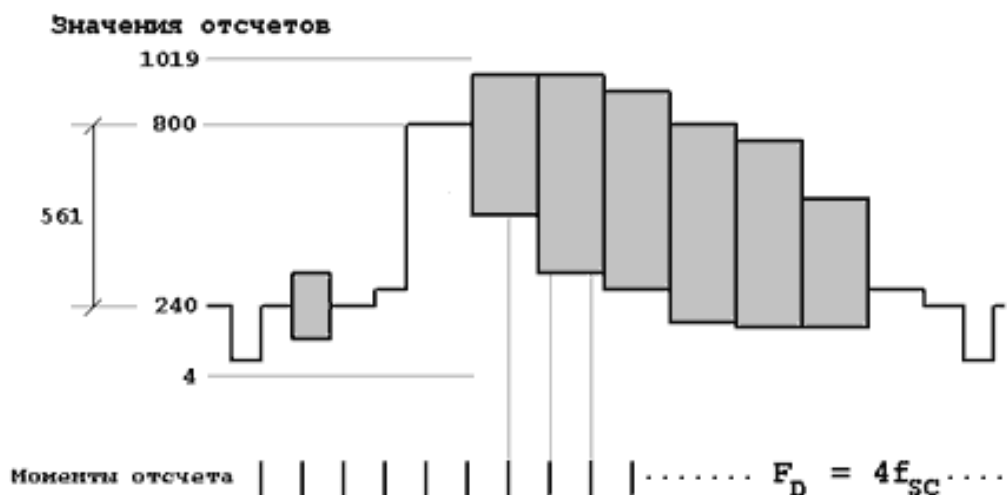


Рисунок 1.6.6 – Кодирование композитного видеосигнала (частота $4f_{sc}$)

Для сохранения непрерывного цифрового потока отсчетов, следующих с постоянной частотой $4f_{sc}$, в системе PAL длительность цифровой строки принята неравной длительности аналоговой строки. Все строки поля, за исключением двух, содержат по 1135 отсчетов, а две – по 1137. Скорость передачи данных для цифрового сигнала в системе NTSC составляет 143 Мбит/с, а в системе PAL – 177 Мбит/с.

Глава 2.7 Работа с видеoinформацией

2.7.1 Сжатие видеoinформации

Основной сложностью при записи цифрового видео и при его передаче по каналам связи является большой объем телевизионного сигнала. Проведем расчет, который покажет, какой же объем будет иметь обычный двухчасовой фильм с разрешением 640×480 и частотой смены кадров 25 Гц. Пусть каждая точка принадлежит стандартной компьютерной палитре RGB из 16 миллионов цветов. $640 \times 480 \times 3 = 900$ Кбайт – размер одного кадра, 22500 Кбайт – размер одной секунды видео, 154 Гбайт – размер всего фильма. Такие огромные объемы информации хранить и передавать очень сложно. Фильм, из рассчитанного примера, займет 243 диска, если производить запись на компакт-диск объемом в 650 Мб. Поэтому, с появлением цифрового видео остро встал вопрос о компрессии видеоданных, причем эта компрессия должна быть очень сильной, при том, что звук удастся сжать только раз в

10÷20, даже используя самые совершенные алгоритмы.

Осуществить компрессию ТВ-сигнала позволяет присущая ему избыточность. В общем случае большая часть изображения любого ТВ-кадра обычно приходится на участки, имеющие постоянную или мало меняющуюся в пространстве яркость, а резкие световые переходы и детали малых размеров занимают небольшую долю площади изображения. Коэффициент корреляции соседних элементов изображения, описывающий статистическую связь между яркостями этих элементов, близок к 1 (единице). Зная яркость одного элемента, можно с высокой степенью вероятности предсказать яркость соседнего. Такого рода избыточность можно назвать пространственной избыточностью изображения.

Изображения соседних кадров в телевидении обычно очень похожи друг на друга, даже при показе движущихся объектов. Эта предсказуемость указывает на временную избыточность изображения.

В телевидении различают статистическую избыточность, избыточность по восприятию, структурную и спектральную избыточность. По теории вероятностей избыточность является следствием определенных корреляционных связей. Корреляция означает, что некоторый элемент изображения более или менее существенно зависит от соседей в пространстве и во времени. Под статистической избыточностью понимают корреляционные связи между соседними (по вертикали и горизонтали) отсчетами ТВ-сигнала. Необходимо подчеркнуть, что снижение избыточности в этом случае до определенных пределов обратимо.

Избыточность по восприятию связана с особенностями зрения человека. Например, цветовое разрешение нашего зрения ниже яркостного. Эта особенность учтена во всех стандартных аналоговых системах цветового кодирования. В системах вещательного телевидения NTSC, PAL и SECAM цветовое разрешение существенно понижено по отношению к яркостному, то же самое зафиксировано в цифровом стандарте 4:2:2, где, по определению, две цветоразностные компоненты представлены таким же по объему

информационным массивом, что и один яркостной сигнал.

Учитывая эту особенность нашего зрения по восприятию мелких деталей цветного изображения, можно в несколько раз сократить полосу частот при передаче и кодировании сигналов цветности.

Спектральная избыточность проявляется как результат излишка высокой частоты дискретизации. В частности, принятая ортогональная структура дискретизации ТВ-изображения в общем случае не является оптимальной в частотном пространстве. Можно сократить передаваемый цифровой поток, если преобразовать используемую структуру дискретизации в другую, которая характеризуется меньшим числом отсчетов в кадре, например, от формата 4:2:2 перейти к формату 4:2:0 или 4:2:1.

Избыточность телевизионного сигнала положена в основу разработки методов MPEG-сжатия.

2.7.2 Технологии CD-дисков

Появление в 1980 году компакт-диска (Compact Disc, CD) стало значительным событием в цифровой технологии. Он был разработан фирмами Sony и Philips для решения некоторых проблем, возникающих при использовании аналоговых носителей.

Технология компакт-дисков. Знание физической стороны дела технологии записи компакт-дисков может помочь при возникновении нестандартных ситуаций и позволит выбрать верные условия, например, для долгосрочного хранения этих носителей.

По своему строению компакт-диск напоминает слоеный пирог, «начинка» которого состоит из активного, отражающего и защитного слоев, которые последовательно наносятся на основу из поликарбоната – пластиковый кружок с отверстием для фиксации на шпинделе читающего привода. Основа диска ничем не отличается от той, что применяется в технологии изготовления компакт-дисков литьем: характеристики пластмассы должны быть таковы, чтобы луч лазера, проходящий сквозь нее, должным образом фокусировался и не вызывал разрушения диска. (рисунок 1.7.1).

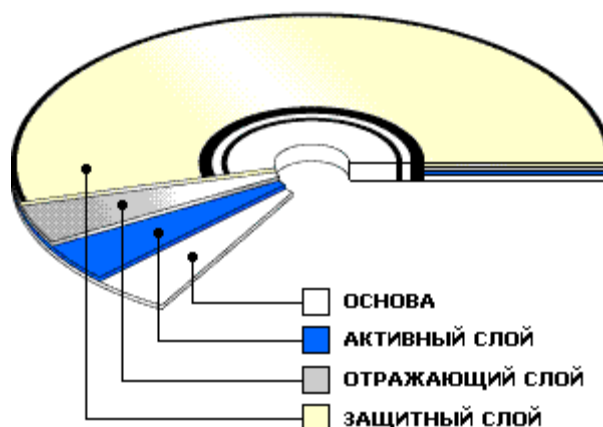


Рисунок 1.7.1 – Структура компакт-диска

Как уже сказано ранее, основной слой изготавливается обычно из поликарбоната, и на него приходится практически вся толщина компакт-диска. Если диск изготовлен на заводе, то, скорее всего, информация на него нанесена так называемым методом штамповки. При этом информационный узор, т.е. собственно то, что представляет собой записанную на компакт-диске информацию, наносится прямо на основной слой в виде набора микроскопических углублений.

Второй слой, отражающий, очень тонкий. Его наносят на основу диска методом напыления. В тех местах, где на основном слое находятся углубления информационного узора, отражающий слой немного искривляется, и угол отражения луча изменяется. Именно за счёт этого можно считывать записанную на диске информацию.

Защитный слой предохраняет отражающий слой от случайной порчи, ведь любое повреждение отражающего слоя приводит к невозможности считать данные с повреждённой области. Поэтому роль защитного слоя трудно переоценить. К сожалению, нередко производители делают защитный слой слишком тонким, и это следует иметь в виду.

Наконец, декоративный слой содержит рисунки, надписи, наклейки и другие «украшения» верхней стороны компакт-диска. Если эти элементы украшения отсутствуют, то декоративный слой представляет собой чуть подкрашенную прозрачную поверхность.

Из всего сказанного можно сделать несколько полезных выводов,

касающихся эксплуатации и хранения компакт-дисков.

Поскольку основной слой, который находится с рабочей стороны диска, намного толще, чем защитный слой или даже защитный и декоративный слои, вместе взятые, то повредить компакт-диск гораздо проще с верхней его стороны, особенно при отсутствии наклейки. Да и наклейка, если она тонкая, может не спасти. При случайном касании верхней стороны диска острым предметом могут быть повреждены и наклейка, и защитный слой. При этом обнажается часть отражающего слоя, следовательно, некоторая его область тоже неминуемо будет повреждена под воздействием окружающей среды. А это значит, что прочесть данные с повреждённой области будет невозможно.

Бытует мнение о том, что беречь от повреждений следует лишь рабочую сторону диска, а с обратной стороны можно делать что угодно. Это совсем не так, более того, во многих случаях восстановить повреждённый диск гораздо легче, если повреждена именно рабочая сторона. Понятно, что царапины на этой стороне изменяют угол преломления лучей, что приводит к сбоям в чтении данных с диска. Однако благодаря толщине основного слоя, они практически никогда не разрушают отражающий слой и информационный узор. Кроме того, поцарапанный с рабочей стороны диск нередко можно восстановить полировкой. Существуют даже специальные устройства для полировки компакт-дисков. Кстати, на рабочей стороне опаснее всего царапины, идущие по окружности диска, а поперечные, радиальные, царапины обычно не представляют особой угрозы.

Отражающий слой компакт-диска может разрушаться под влиянием слишком яркого света. Поэтому компакт-диск всегда следует хранить в коробке или в конверте так, чтобы под его рабочей стороной была непрозрачная поверхность. Некоторые люди, не обнаружив коробки от компакт-диска и не имея времени её искать, оставляют компакт-диск на столе в «перевернутом» виде, рабочей стороной кверху. Этого не следует делать ни в коем случае! Длительное воздействие света на рабочую сторону диска

принесёт гораздо больше вреда, чем даже несколько мелких царапин. И в особенности это актуально для записываемых дисков. Для них такое хранение недопустимо.

Компакт-диски бывают трёх типов:

– *обычные компакт-диски*. Они предназначены только для считывания данных и изготавливаются на заводе методом штамповки. Вначале это был единственный тип дисков.

– *записываемые компакт-диски CD-R (CD recordable)*. На диски CD-R пользователь может записать с помощью специального дисководов какие-либо данные, однако сделать это можно только один раз.

– *перезаписываемые компакт-диски CD-RW (CD rewritable)*. На эти диски данные можно записывать многократно.

Компакт-диски CD-R. Первые CD-R можно было записывать только целиком. Затем появилась технология многосессионной записи на эти диски. Если на такой диск записано, к примеру, 300 Мбайт данных, то, остаётся свободное место ещё как минимум для 400 Мбайт информации. Однако для обеспечения полной совместимости со всеми старыми читающими дисководами на диск должна быть добавлена так называемая закрывающая запись. Без неё данные с диска считываться не будут. Но проблема была в том, что после закрывающей записи на диск ничего добавить уже нельзя, т.е. физически записать, конечно, можно, но считывающий дисковод найдёт эту закрывающую запись и сочтёт, что после неё на диске уже ничего нет.

Поэтому и была придумана технология многосессионной записи. Завершая сеанс такой записи, программа записывает на диск закрывающую запись сессии вместо закрывающей записи всего диска. Потом можно будет дописать на этот же диск ещё порцию данных и после неё – закрывающую запись второй сессии, и так далее. В принципе, когда на диске не останется места, можно дописать туда ещё и закрывающую запись диска.

Многосессионная технология записи сразу же расширила возможности применения CD-R, однако и тут не обошлось «без ложки дегтя». Во-первых,

многосессионные диски обычно считываются гораздо медленнее, чем записанные за одну сессию. Кроме того, некоторые считывающие дисководы могут быть несовместимы с такими дисками. Например, некоторые из них могут «увидеть» на многосессионном диске только те файлы, которые были записаны в последней сессии, а некоторые – только файлы первой сессии. Правда, это относится лишь к старым моделям дисководов, поскольку все современные устройства делаются уже в расчёте на считывание многосессионных дисков.

Внутреннее строение записываемых дисков несколько отличается от устройства обычных CD. Записываемые диски, в отличие от обычных, состоят не из четырёх, а из пяти слоёв: основной; регистрирующий; отражающий; защитный и декоративный (рисунок 1.7.2).



Здесь на основном слое отсутствует информационный узор, но добавлен ещё один слой – регистрирующий. Именно на него записываются данные. Лазерный луч выжигает информационный узор в материале этого слоя, затемняя определённые точки поверхности. При считывании информации луч будет отражаться от этих точек слабее, чем от остальных. Разумеется, при записи компакт-диска лазер дисковода должен работать с большей мощностью, чем при чтении.

Из вышеизложенного следует, что регистрирующий слой записываемого компакт-диска очень чувствителен к свету. Вот почему такие диски нельзя оставлять на свету (особенно рабочей стороной вверх).

Компакт-диски CD-RW. Теперь немного о перезаписываемых компакт-дисках (CD-RW). На них, как уже говорилось, данные можно записывать многократно. Однако не стоит переоценивать их возможности. Есть два распространённых заблуждения по поводу дисков CD-RW.

Заблуждение первое: при использовании дисков CD-RW можно произвольно стирать и дописывать отдельные файлы. Это утверждение совершенно неверно. Запись на диски CD-RW происходит аналогично записи на CD-R: весь диск сразу или за несколько сессий. Отличие состоит в том, что можно дать команду стирания, в результате выполнения которой весь регистрирующий слой вновь одинаково пропускает световые лучи. При этом никаких данных на диске не остаётся. Таким образом, на диск CD-RW можно записать некоторые данные, возможно, в несколько сессий, затем, когда они станут больше не нужны, очистить весь диск целиком, затем опять записывать данные, и так далее.

Заблуждение второе: стирать старые данные и записывать новые на диск CD-RW можно сколь угодно много раз. Это также совершенно неверно. Правда, существует и обратное заблуждение: некоторые считают, что полный цикл записи и стирания для одного носителя можно произвести не более 10 раз. Именно так для перестраховки утверждали производители первых CD-RW. Спустя некоторое время многие производители стали утверждать, что на диск CD-RW можно произвести до 1000 циклов записи (иногда говорят даже до 10 000). Отсюда и родилось заблуждение второе. Действительно, ведь стираешь Данные с компакт-диска не каждый день. Даже если стирать диск целиком и записывать новые данные приходится каждую неделю (что тоже невообразимо часто), то срока жизни такого диска должно хватить приблизительно на 20 лет (а если считать, что диск выдерживает 10000 циклов записи, то на 200 лет).

Как показывает практика, в большинстве случаев после 25÷27-го циклов стирания и повторной записи диск CD-RW начинает читаться с ошибками. Ещё через пару циклов записи считать с него данные становится

практически невозможно.

Нужно иметь в виду, что коэффициент отражения у дисков CD-RW намного ниже, чем у обычных дисков и CD-R. Это приводит к тому, что данные с таких дисков могут неверно считываться или не считываться вообще старыми приводами, не рассчитанными на чтение данных с CD-RW. Все современные модели приводов уже делаются с расчётом на диски CD-RW, так что проблем с ними практически не возникает.

Объём данных, которые можно записать на один компакт-диск, различен. Стандартными являются диски, объём которых равен 650 Мбайт или 74 минут звучания (если диск записан в формате Audio CD). В настоящее время практически все устройства, как читающие, так и записывающие, могут без проблем работать с дисками увеличенного объёма. На такие диски можно записывать до 700 Мбайт данных или 80 минут звука.

Здесь можно обнаружить некоторое несоответствие, ведь одна минута несжатого звука в формате, используемом на звуковых компакт-дисках, занимает около 10 Мбайт. Соответственно, на диск объёмом 700 Мбайт, по идее, должно помещаться примерно 70 минут музыки, а на самом деле там помещается 80 минут.

Формат записи звукового диска весьма сильно отличается от формата диска с данными. Так, на диске с данными присутствует больше избыточной информации, которая повышает надёжность и долговечность носителя. Если некоторое музыкальное произведение умещается на звуковом компакт-диске в виде звуковой дорожки, это ещё не значит, что оно же уместится на нем в виде файла.

Существуют и компакт-диски ещё большей плотности. Некоторые компании разработали диски объёмом 800 и 900 Мбайт и даже 1 Гбайт, а «апофеозом» подобных разработок явился так называемый DDCD – компакт-диск двойной плотности (double density compact disc). На такой диск помещается вдвое больше информации, чем на обычный (соответственно 1300 или 1400 Мбайт). Ни один из этих «больших» форматов не получил широкого

распространения.

Далее рассмотрим форматы CD-DA (CD Audio), Data CD, VideoCD, Super Audio CD (SACD), Super Video CD (SVCD) и смешанные форматы.

Формат CD-DA (CD Audio). Компакт-диск изначально появился как носитель для записи и прослушивания музыки на смену виниловым грампластинкам. Наверно поэтому он и был назван «компактным» – физические размеры компакт-диска намного меньше размеров грампластинки. Представление звука на звуковом компакт-диске, соответственно, было первым стандартом для этого носителя.

Стандартный формат для представления звука на компакт-диске называется CD-DA (Compact Disc – Digital Audio), т.е. «компакт-диск – цифровой звук». Обратите внимание, что в этом названии прослеживается основная цель разработки стандарта компакт-диска – замена грампластинок, которые были, разумеется, аналоговыми.

В качестве стандарта для звуковых компакт-дисков была принята частота дискретизации, равная 44,1 кГц. Что касается амплитудного разрешения, то можно заметить, что с увеличением количества градаций амплитудной шкалы повышается точность воспроизведения. В звуковых компакт-дисках используется 65536 амплитудных градаций. Как известно, для представления чисел в диапазоне от 0 до 65535 необходимо 16 бит информации, поэтому говорят о 16-битном разрешении, или попросту о «16-битном звуке». Это значение тоже сегодня никак не может считаться идеальным, но в своё время, когда сравнения проводились с относительно шумными и искажёнными аналоговыми записями, оно казалось достаточным.

Таким образом, для звуковых компакт-дисков (CD-DA) стандартом является представление звука с частотой дискретизации 44 100 Гц и амплитудным разрешением 16 бит. На такие компакт-диски записывается только стереозвук, т.е. два отдельных звуковых потока для левого и правого каналов.

Звуковой компакт-диск делится на отдельные звуковые дорожки, число

которых может изменяться от 1 до 99. Каждой дорожке соответствует небольшой файл с расширением .cda, который содержит ссылку на физическое расположение звуковых данных на диске. Файлы .cda, таким образом, являются только указателями, а сами звуковые данные не являются частью файловой структуры диска.

Стандарт для хранения данных на компакт-диске сейчас обычно называют Data CD (компакт-диск с данными), хотя раньше обычно употребляли название CD-ROM, т.е. постоянная память на компакт-диске.

Стандарт определяет максимальный объём компакт-диска с данными в 650 Мбайт. Сейчас практически все устройства для чтения компакт-дисков совместимы также с «80-минутными» дисками, на которых в формате Data CD можно записать до 700 Мбайт. Следует учитывать, что закрывающие записи сессий также требуют некоторого количества дискового пространства. Отсюда вывод: если запись данных на диск ведётся за несколько сессий, то, чем больше сессий, тем меньше самих данных поместится на диске.

На диске, записанном в стандарте VideoCD, изображение записывается с качеством, сравнимым с обычными бытовыми видеокассетами. Звуковая дорожка на дисках стандарта VideoCD записывается с обычным качеством звукового компакт-диска – с частотой дискретизации 44100 Гц и разрешением 16 бит. Таким образом, будучи равными или даже несколько уступая по качеству изображения бытовым видеокассетам VHS, диски VideoCD имеют преимущество в звуке.

Полную спецификацию стандарта VideoCD определяет так называемая «Белая книга» (White Book) 2.0. Там описаны все условия, которые должны быть соблюдены, чтобы записанный диск VideoCD был полноценным, т.е. совместимым со всеми устройствами чтения VideoCD. Вот какие спецификации в частности, определены для дисков стандарта VideoCD:

- кодирование информации по алгоритму MPEG-1;
- максимальная скорость потока видеоданных – не более 1151959бит/с;
- максимальная скорость потока звуковых данных – не более 224кбит/с;

- размер кадра для стандарта PAL – 352*288 пикселей;
- размер кадра для стандарта NTSC – 352*240 пикселей;
- строго определённая структура папок. Стандарт определяет, что звуковая дорожка для фильма должна быть обязательно двухканальной, т.е. стерео. Оцифровка, как уже говорилось ранее, производится с качеством обычного звукового компакт-диска. Однако если записать звук на компакт-диск в несжатом виде, то для видеоматериала места уже не останется. Поэтому звуковые данные хранятся на диске в сжатом виде, о чём говорит пункт стандарта, определяющий скорость потока звуковых данных не более 224 кбит/сек. Видеоматериал тем более приходится сжимать с помощью алгоритма MPEG-1.

При соблюдении всех этих условий на один компакт-диск помещается до 74 минут видеоматериала со стереозвуком. Это вполне может быть небольшой художественный или документальный фильм.

Формат Super Audio CD (**SACD**), по идее разработчиков – компаний Philips и Sony, – должен со временем заменить обычные звуковые компакт-диски, обеспечивая гораздо лучшее качество звука, а также многоканальное воспроизведение и поддержку текстовой, графической и даже видеоинформации. Интересно, что формат позволяет создавать гибридные диски, которые можно воспроизвести на обычном проигрывателе компакт-дисков (в этом случае с обычным CD-качеством).

SuperVideoCD (**SVCD**) отличается от VideoCD, прежде всего, лучшим качеством изображения. Вот какие характеристики определены для стандарта SuperVideoCD:

- кодирование информации по алгоритму MPEG-2;
- максимальная скорость потока видеоданных – не более 2550 Кбит/с;
- максимальная скорость потока звуковых данных – не более 224 Кбит/с;
- размер кадра для стандарта PAL – 480*576 пикселей;
- размер кадра для стандарта NTSC – 480*480 пикселей;

– как и в стандарте VideoCD, строго определённая структура папок. К сожалению, наряду с гораздо лучшим в сравнении с VideoCD качеством изображения, диски SuperVideoCD имеют и большой минус. При степени сжатия, обеспечивающей ширину потока данных 2550 Кбит/с, на один компакт-диск может уместиться всего 35 минут видеоматериала.

К смешанным форматам относятся мало отличающиеся друг от друга Mixed-Mode CD (смешанный компакт-диск) и CD-extra (расширенный компакт-диск). Разница фактически состоит в том, что на Mixed-Mode CD в качестве первой дорожки записываются данные, а потом – звуковые дорожки; на диск же формата CD-extra звуковые дорожки и данные можно записывать в произвольном порядке.

Главная особенность этих форматов в том, что они позволяют записать на один и тот же компакт-диск и звуковые дорожки, и обычные данные.

Файловые системы компакт-дисков. Для организации файловой структуры на каком-либо носителе необходим стандарт на файловую систему для этого носителя. Наиболее распространённой сегодня является система FAT (File Allocation Table), которая используется на дискетах (FAT 12) и на многих жёстких дисках (FAT16 и FAT32). Кроме того, для винчестеров могут использоваться такие файловые системы, как NTFS и пр.

Для компакт-дисков была разработана специальная файловая система, которая, с одной стороны, отвечает требованиям к расположению данных на компакт-диске, а с другой – обеспечивает совместимость, т.е. позволяет использовать приводы компакт-дисков на различных аппаратных платформах и под управлением различных операционных систем. Эта система получила название ISO-9660.

В соответствии с требованиями формата DVD-Video для хранения данных на DVD-дисках могут применяться форматы файлов ISO-9660 или Micro-UDF (Universal Disc Format – универсальный формат дисков). Формат ISO-9660 используется в течение нескольких лет, и большинство компакт-дисков (CD-ROM), которые обладают кроссплатформенной совместимостью,

используют именно этот формат.

DVD-диски в настоящее время реализуют гибридную технологию, называемую UDF-Bridge, которая сочетает как новую файловую систему UDF, так и более старую систему ISO-9660 организации файлов на компакт-дисках. Это обеспечивает совместимость DVD-дисков с компьютерными операционными системами, не поддерживающими файловую систему UDF.

Согласно требованиям стандарта, DVD-Video данные, хранящиеся на диске, должны размещаться в соответствии со структурой тома. В начале и в конце диска находятся нулевая дорожка и конечная зона, облегчающие синхронизацию DVD-проигрывателей с данными, хранящимися на диске. Для хранения всех данных используются форматы файлов ISO-9660 и Micro-UDF. Элементы видео, аудио, фрагментов рисунков, меню и статичных изображений записываются на диске в зоне DVD-Video. Функции логического упорядочивания данных выполняют область диспетчера видео (Video Manager), служащая для диска таблицей содержания, и до 99 наборов видеоразделов (Video Title Set, иначе – набор тайтлов), в которых хранятся отдельные программы или сборки мультимедийных данных.

2.7.3 Технология DVD

В 1994 году по инициативе ведущих голливудских компаний был создан специальный комитет (Motion Picture Studio Advisory Committe), который сформулировал основные требования к фильмам на компакт-дисках:

- разрешение видео выше, чем у CD-дисков;
- звук CD-качества и объемное звучание;
- не менее 133 мин видео на одной стороне диска;
- звуковое сопровождение на трех-пяти языках, возможность выбора языка;
- четыре-шесть вариантов субтитров (возможно на разных языках);
- различные форматы отображения широкоэкрannого видео на экране;
- возможность запрета просмотра определенных сцен детьми;

- надежная защита от копирования;
- совместимость в отношении воспроизведения с существующими CD-дисками;
- разделение фильма на части и эпизоды и независимый доступ к каждому из них;
- низкая стоимость производства, сравнимая с достигнутой для CD-дисков.

Спецификация DVD включает следующие основные положения:

- высококачественное MPEG-2 видео с многоканальным объемным звуком длительностью 133 мин или более;
- звуковое сопровождение на восьми языках;
- субтитры на 32 языках;
- интерактивное разветвленное меню с произвольным доступом к различным главам и вариантам отображения;
- возможность задания и выбора пользователем до девяти углов зрения на показываемый объект;
- цифровые и аналоговые методы защиты от копирования.

Внешне DVD-диск напоминает CD: оба являются оптическими дисками диаметром 12 см и толщиной 1,2 мм. Аналогичны они и по принципам записи цифровой информации. Оба состоят из прозрачной полимерной подложки, отражающего слоя и вспомогательного защитного слоя, придающего им необходимую жесткость. В отражающем слое тем или иным образом формируется своеобразная матрица – в виде закрученной в спираль дорожки с «дырками» (питами). Считывание информации производится лазерным лучом, сканирующим отражающую поверхность. При попадании в дырку луч отражается точно на регистрирующий детектор, его сигнал превышает заданный порог, что и соответствует логической единице. При отсутствии дырки луч рассеивается, сигнал с детектора оказывается ниже заданного порога – фиксируется логический ноль.

CD- и DVD-диски во многом подобны, но их ключевые физические

параметры значительно отличаются. Послойная структура одной половины DVD-диска показана на рисунке 1.7.3.



Рисунок 1.7.3 – Послойная структура одной половины DVD-диска

Главное преимущество DVD-дисков – более высокая информационная емкость – стало возможным в силу ряда технологических решений (рисунок 1.7.4):

- в два раза уменьшены геометрические размеры пит;
- более чем в два раза уменьшен шаг спирали между соседними дорожками;
- для надежного считывания столь «малых» пит применяются лазерный луч с меньшей длиной волны;
- используются более эффективные схемы модуляции цифровых данных и улучшенная схема коррекции ошибок, что позволило на порядок повысить надежность считывания данных.

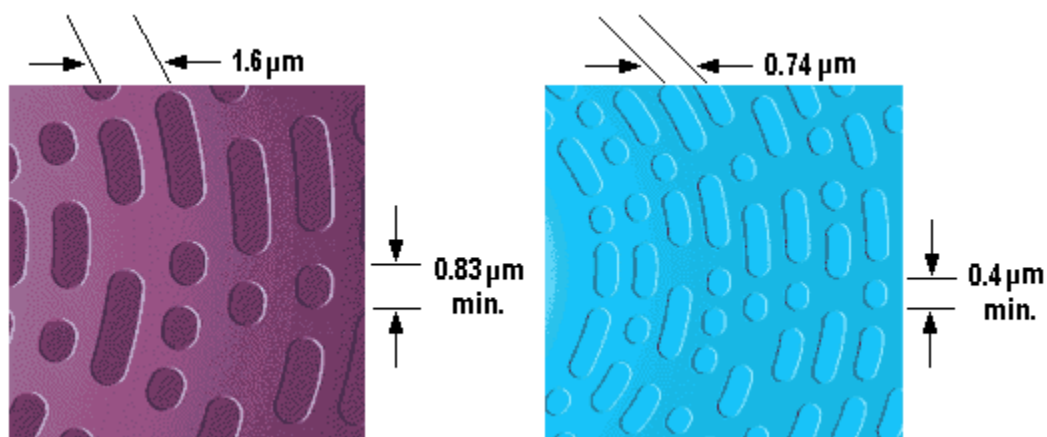


Рисунок 1.7.4 – Ширина дорожки и размер питов CD- и DVD-дисков

Стандарт DVD позволяет реализовать несколько различных конструкций диска. Это односторонние или двусторонние диски, с одним или двумя несущими информацию слоями на каждой стороне. Один слой толщиной 0,6 мм может вместить до 4,7 Гбайт информации, а весь диск – до

17 Гбайт.

Возможны четыре разновидности DVD-дисков: DVD-5, DVD-9, DVD-10 и hDVD-18. DVD-5 (рисунок 1.7.5) – это первая рыночная версия DVD диска – односторонний диск с однослойной записью и емкостью 4,7 Гбайт. Луч лазера показан красными стрелками.

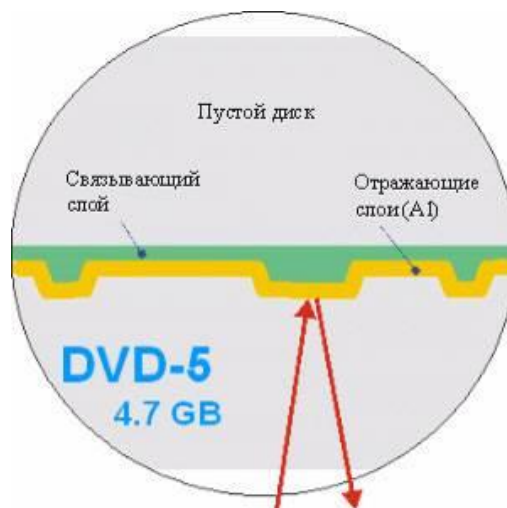


Рисунок 1.7.5 – Структура диска DVD-5

DVD-9. С каждой стороны диска может быть не один, а два рабочих информационных слоя (рисунок 1.7.6). Если первый из них – «основной» – выполняется по стандартной технологии создания пит (прессования или выжигания) и напыления отражающего слоя, то второй – полупрозрачный (коэффициент отражения 40%) – наносится поверх первого. Лучи лазера показаны красными стрелками.

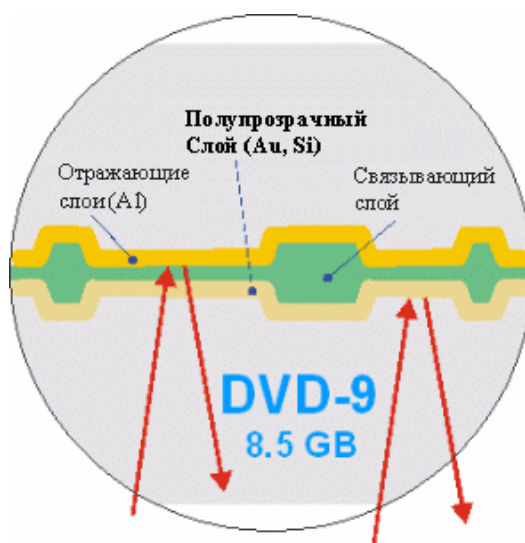


Рисунок 1.7.6 – Структура диска DVD-9

DVD-10. В принципе это два диска DVD-5, соединенные вместе (рисунок 1.7.7). Однослойный двухсторонний диск обеспечивает емкость 9,4 Гбайт. Чтобы считывать информацию с двух сторон диска используется один лазер. На сегодняшний день ни один из производителей оборудования не объявил о разработке модели, которая позволяла бы воспроизводить такие диски без переворачивания. Впрочем, это и не нужно, так как обычно на таких дисках записываются фильмы в двух версиях: на одной стороне – широкоэкранная версия, на другой – обычная.

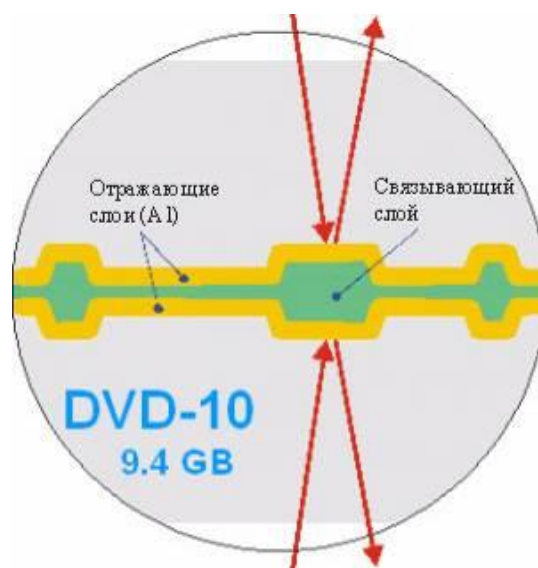


Рисунок 1.7.7 – Структура диска DVD-10

DVD-18. Структура DVD-18 в принципе та же самая, как у DVD-9, но DVD-18 может читаться с обеих сторон. Результат – двойная емкость по сравнению с DVD-9. Принципиальная структура диска представлена на рисунке 1.7.8.

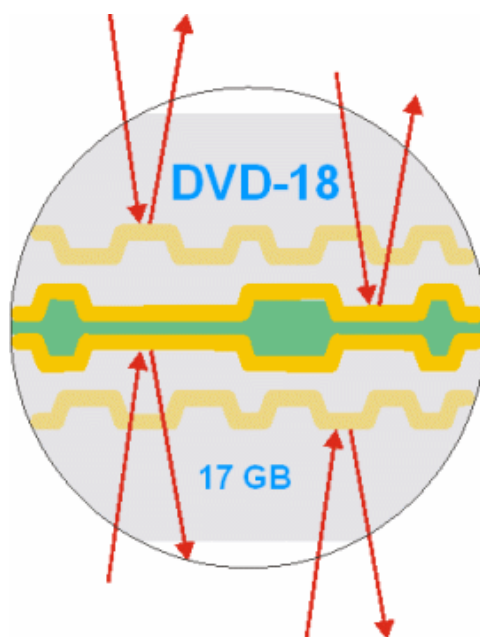


Рисунок 1.7.8 – Структура диска DVD-18

Различия между типами CD и DVD-дисков хорошо прослеживаются в сводной таблице 1.7.1, где даны описания и приведена информация об их соответствующем использовании и совместимости.

Таблица 1.7.1 – Различия между разными типами CD и DVD-дисков

Диск	Общая информация	Емкость	Совместимость
CD-ROM	Диск используется только для чтения, хранения коммерческих программ или данных. Не предназначен для добавления или удаления (стирания) данных, хранящихся на диске.	650 Мбайт	Высокая степень совместимости с большинством компьютеров и устройств.
CD-R	Предназначен только для записи и чтения данных. На данный тип диска можно записывать файлы более одного раза (сеанса), но удалять (стирать) файлы с диска нельзя. Каждая запись является постоянной.	650 и 700 Мбайт	Чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс. Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
CD-RW	Данный тип диска предназначен для многократной записи и перезаписи файлов. Можно удалять файлы с диска, для освобождения пространства, записывать дополнительные файлы многократно.	650 Мбайт	Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-ROM	Диск используется только для чтения, хранения коммерческих программ или данных. Не предназначен для добавления или удаления (стирания) данных, хранящихся на диске.	4,7 Гбайт	Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
DVD-R	Предназначен только для записи и чтения данных. На данный тип диска можно записывать файлы более	4,7 Гбайт	Чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс.

Диск	Общая информация	Емкость	Совместимость
	одного раза (сеанса), но удалять (стирать) файлы с диска нельзя. Каждая запись является постоянной.		Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
DVD+R	Предназначен только для записи и чтения данных. На данный тип диска можно записывать файлы более одного раза (сеанса), но удалять (стирать) файлы с диска нельзя. Каждая запись является постоянной.	4,7 Гбайт	Чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-RW	Данный тип диска предназначен для многократной записи и перезаписи файлов. Можно удалять файлы с диска, для освобождения пространства, записывать дополнительные файлы многократно.	4,7 Гбайт	Чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необязательно закрывать сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD+RW	Данный тип диска предназначен для многократной записи и перезаписи файлов. Можно удалять файлы с диска, для освобождения пространства, записывать дополнительные файлы многократно.	4,7 Гбайт	Чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необязательно закрывать сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-RAM	Предназначен для записи файлов более одного раза (сеанса). Можно удалять файлы с диска, для освобождения пространства, записывать дополнительные файлы. Выдерживает многократные перезаписи файлов.	2,6; 4,7; 5,2; 9,4 Гбайт	Диски DVD-RAM в общем случае могут читаться только на DVD-RAM дисководов и могут не читаться на проигрывателях DVD-дисков и других устройствах.

DVD-Video. Основным использованием DVD, по замыслу создателей формата, должны были стать кинофильмы. И действительно, из всех областей применения DVD наибольшее распространение получило именно видео. Формат DVD позволяет получить отличное качество аудио и видео для воспроизведения на большом экране с объемным звуком. Заложенные в формат возможности и бонусные материалы могут вдохнуть новую жизнь в старые хиты и дать покупателю то, что он не может получить в кинотеатре. Количество фильмов, подготовленных на DVD, с каждым годом увеличивается. Кино- и видео-индустрия активно работает над созданием версий современных и классических фильмов для DVD, поэтому уделим большее внимание DVD Video.

2.7.4 Технология производства DVD-фильмов

Процесс подготовки DVD-фильма можно разделить на два этапа: премастеринг и мастеринг. **Премастерингом** (PreMastering) называется процесс перевода звуковых и видеоматериалов в форму, пригодную для записи на DVD-диск. В процессе **мастеринга** выполняется фабричное производство DVD-диска.

Премастеринг. Процесс премастеринга состоит из нескольких этапов (рисунок 1.7.9):

- составление проекта;
- подготовка исходных материалов;
- компрессия видео и звука;
- авторинг.

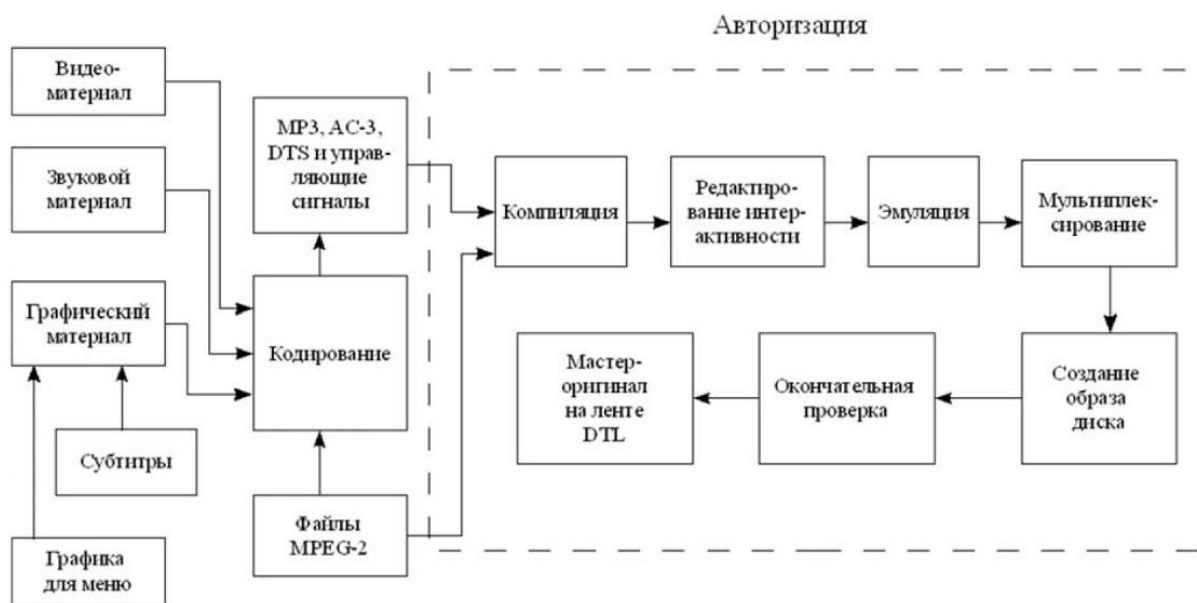


Рисунок 1.7.9 – Структура премастеринга

Мастеринг (Glass Mastering). После последней проверки, завершающим этапом является фабричное производство DVD-диска. Для этого созданный образ диска на ленте DLT отправляют на завод, где его переписывают на жесткий диск производственной системы. Именно на этом этапе в образ диска добавляют сигнал защиты от нелегального копирования, который выглядит как криптографический ключ для декодирования зашифрованного материала диска.

Создание стеклянного мастера представляет собой наиважнейший этап в производстве DVD, так как от его качества зависит качество конечного продукта.

Процесс изготовления мастер-диска можно разделить на следующие этапы:

- подготовка стеклянного диска: очистка, полировка;
- покрытие диска специальным фоторезистом;
- запись информации на фоторезист лазерным лучом;
- проявление фоторезиста и сушка диска;
- напыление никелевого слоя. Окончательно сформированный поток

данных поступает на аппарат оптической записи первого оригинала (Glass Master) DVD.

Впервые за многие годы диски DVD позволили получить почти студийное качество, и это не удивительно, поскольку разрешение составляет примерно 500 строк по вертикали. Известно, что цифровое видео занимает очень большой объем и полнометражный фильм займет 40 DVD-дисков, каждый по 4,7 Гб.

Высокое качество звукового сопровождения. Многоканальный звук в форматах Dolby Digital и DTS способен наполнить просмотр новыми ощущениями по сравнению со стереозвучанием и даже со звуком в формате Dolby proLogic. Как и с изображением, ситуация аналогичная. Чем лучше аппаратура, тем сильнее эффект.

Звуковое сопровождение на восьми языках и субтитры на тридцати двух языках. В процессе воспроизведения можно выбрать звуковое сопровождение на нужном языке и включить при необходимости субтитры. Все это делается быстро и просто средствами интерактивного меню.

Кроме субтитров, на DVD-диске может быть записана любая текстовая и графическая информация, доступ к которой осуществляется из интерактивного меню.

Возможность создания фильмов с разными окончаниями (Multi-Story).

Большая емкость диска позволяет записывать на нем несколько вариантов развития событий. Что дает возможность интерактивного просмотра фильма. Появляется реальная возможность из пассивного наблюдателя превратиться в активного участника развивающихся событий.

Просмотр изображения с различных углов обзора. Еще одна любопытная функция, предложенная разработчиками формата DVD. Называется она Multi-Angle – просмотр изображения с различных углов обзора. Под этим определением скрывается одна из самых интересных и необычных возможностей DVD-диска. На диске может содержаться до 9 вариантов изображения, снятого камерами с различных ракурсов. При просмотре DVD зритель выбирает наиболее интересный ракурс изображения.

Одновременная запись в различных форматах. В технических спецификациях, рекламных материалах и обзорах техники, связанной с просмотром фильмов и телепрограмм, неизменно фигурирует информация о формате изображения. За этими числами стоит вполне определенный параметр – **aspect ratio**.

Задолго до появления кино и телевидения Леонардо да Винчи открыл «золотое сечение». Он доказал, что наиболее гармоничным для человека выглядит прямоугольник с соотношением сторон 13:8 (т.е. на 13 единиц ширины должно приходиться 8 единиц высоты). В начале XX века в кинематографе пропорция была выбрана равной 4:3, это соотношение было выбрано и для телевидения. Объясняя этот факт трудностями производства широких кинескопов, управляющей электроники и др. (рисунок 1.7.10).

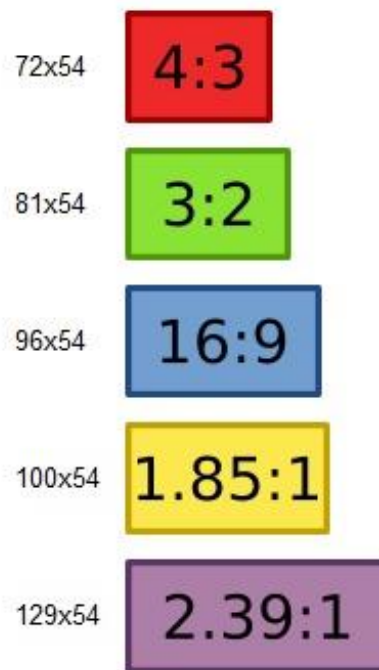


Рисунок 1.7.10 – Соотношение сторон экрана

Цифровые технологии позволили не только хранить и передавать аудиоинформацию, способную в полной мере реализовать настоящую киноатмосферу дома, но и повысить качество изображения. Стал возможен просмотр кинокартин в их истинном, широком формате. Потребителю предлагаются широкоформатные телевизоры (16:9; 1,66:1; 1,85:1; 2,39:1), проекторы для домашних кинотеатров, плазменные и LCD-панели на выбор. Они различаются между собой по соотношению сторон, а, следовательно, и по целостности воспроизведения «широких» форматов.

Недостатки технологии DVD Video. Самый неприятный недостаток, региональную кодировку, имеют сами носители, приводы и проигрыватели, аппаратные декодеры и программы-проигрыватели.

Каждый плеер содержит код региона, в котором он был продан. Плеер не будет воспроизводить диски, которые запрещены в этом регионе. Но существуют и мультizonные приводы и плееры.

Диски без кодов будут воспроизводиться на любом плеере в любой стране. Это не система шифрования, а лишь один байт информации на диске, который проверяет плеер.

Имеются 8 регионов или зон, на которые разделено все пространство

земного шара. Плейеры и диски идентифицируются номером области, нарисованным поверх стилизованного глобуса на корпусе или коробке. Если диск может быть воспроизведен в более чем одной области, то на глобусе будет нарисовано несколько цифр:

1. США, Канада.
2. Япония, Европа, Южная Африка, Ближний Восток, Египет.
3. Юго-Восточная Азия, Восточная Азия (включая Гонконг).
4. Австралия, Новая Зеландия, Тихоокеанские Острова, Центральная Америка, Южная Америка, Карибские острова.
5. Наша зона. Бывший Советский Союз, Индийский полуостров, Африка (также Северная Корея, Монголия).
6. Китай.
7. Зарезервировано.
8. Экстерриториальная зона (самолеты, круизные лайнеры и пр.).

Файловая система дисков DVD-Video. Большим достижением в обеспечении совместимости в технологии DVD стала принятая в 2000 году единая файловая система **MicroUDF**. Файловая система MicroUDF – это адаптированная для применения в DVD версия файловой системы UDF (Universal Disk Format), которая, в свою очередь, основана на международном стандарте **ISO-13346**. Эта файловая система постепенно идет на смену устаревшей ISO9660, созданной в свое время для использования в компакт-дисках. На переходный период (пока не выйдут из обращения компьютерные устройства и диски, работающие в формате ISO9660) будет использоваться файловая система UDF Bridge, которая является некоторой комбинацией MicroUDF и ISO9660. Для записи Audio/Video DVD-дисков может использоваться только MicroUDF.

2.7.5 Записываемые DVD-диски

На сегодня существуют пять разновидностей записываемых DVD-дисков: DVD-R, DVD-RW, DVD+RW, DVD+R и DVD-RAM.

На диски DVD-R и DVD+R можно записать данные лишь однажды, а

DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW могут быть перезаписаны многократно. Все три перезаписываемых формата (DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW) конкурируют друг с другом.

Диски DVD-R. При создании DVD-R самое пристальное внимание уделено совместимости с существующими DVD-ROM приводами.

Первый привод, поддерживающий запись DVD-R выпущен фирмой Pioneer ещё в октябре 1997 года. Этот привод поддерживал спецификацию DVD-R версии 1.0, что означало запись с помощью 635 нм лазера на диски объёмом 3.95 Гбайта. Это был вообще первый привод свободно доступный на рынке, поддерживающий запись DVD.

Следующим этапом стала версия 1.9, которая поддерживала запись дисков объёмом 4,7 Гбайта. Первый привод, поддерживающий это нововведение, появился в мае 1999 года, производителем привода была фирма Pioneer.

С целью завоевания новых рынков, начиная со спецификации 2.0 формат разделили на DVD-R For Authoring и DVD-R For General. Принципиальное различие между ними, это длина волны используемого лазера. В DVD-R(A) используется тот же самый 635 нм лазер, что и в первых DVD-R дисках. В DVD-R(G) используется 650 нм лазер. Это делает невозможным запись, но не чтение, дисков одного формата на приводе другого формата.

DVD-R(A) позиционируется как профессиональный стандарт и является прямым наследником предыдущих DVD-R, с которыми имеет обратную совместимость.

DVD-R(G) позиционируется как формат для пользователя. Преимущество DVD-R(G) по сравнению с DVD-R(A) всего одно, но исключительно важное. Моделей приводов, поддерживающих DVD-R (что в 85% означает поддержку именно DVD-R(G)) достаточно много, и цены на них неуклонно падают.

Диски DVD+R – вариант DVD+RW с однократной записью. Диски

DVD+R являются аналогом CD-R с той разницей, что емкость DVD+R составляет 4,7 Гбайт. Примерно 85 % более старых DVD-приводов и проигрывателей могут читать такие диски, что неплохо характеризует уровень совместимости этого формата.

Диски DVD-RW. После создания записываемых дисков DVD-R, логичным шагом стало создание перезаписываемых дисков.

Объем односторонних DVD-RW дисков составляет 4,7 Гбайта. По утверждению производителей DVD-RW дисков, они могут перезаписываться не менее 1000 раз.

Первоначально появилась 1.0 версия. Для предотвращения копирования защищенных CSS-дисков, эти диски имели заранее выдавленную область lead-in. Для решения проблем с совместимостью, появились диски DVD-RW версии 1.1. Так же, как и 1.0, они имели заранее записанную lead-in область, для предотвращения копирования защищенного материала.

Для защиты содержимого DVD-RW дисков, в природе существует версия В стандарта 1.1. От простых эти диски отличаются тем, что в служебной зоне привода (BCA) записан уникальный 64-битный номер (disk ID). С помощью этого номера содержимое диска шифруется по алгоритму Cryptomeria. При воспроизведении такого диска сначала читается disk ID, потом с его помощью расшифровывается содержимое диска. В общем, похоже на CSS, только попроще. При копировании такого диска копируется только содержимое, но не уникальный disk ID, поэтому воспроизвести скопированное будет нельзя.

При создании DVD-RW дисков самое пристальное внимание уделялось совместимости формата с существующими DVD-плеерами и приводами. Однако, совместимости сравнимой с тем, что удалось достигнуть на DVD-R дисках, не получилось. Причина этого точно такая же, что с CD-RW дисками, которые не читаются на многих старых приводах.

Диски DVD+RW. Кроме официально поддержанных DVD-форумом, фирмы Philips, Sony, Hewlett-Packard, Dell, Yamaha и некоторые другие члены

консорциума, разработали свой собственный формат. Несмотря на то, что большинство этих фирм входят в DVD-форум, сам консорциум не имеет над ними никакой власти. Поэтому отсутствие официальной поддержки со стороны DVD форума не мешает существовать и развиваться DVD+RW.

Первоначально на свет появился DVD+RW формат версии 1.0. Он появился еще в 1997 году, реально доступные на рынке устройства, способные производить запись в этом формате, появились несколько позже, и предусматривал запись на диски емкостью 2,8 Мбайта 650 нм лазером. Первая версия стандарта не была совместима с DVD-видео.

Совместимость не хуже, чем у DVD-RW дисков, и несколько хуже, чем у DVD-R. Причиной этого является более низкая отражающая способность перезаписываемого слоя, с чем не могут справиться некоторые читающие приводы. Для записи используется та же технология, что и в CD-RW дисках, поэтому принципы, на которых построен DVD+RW, идентичны тому, что используется в DVD-RW.

DVD+RW позволяет перезаписывать любую часть содержимого диска прямо поверх, не стирая старого содержимого. Это же позволяет осуществить и уникальную коррекцию ошибок при записи, плохо записавшийся сектор просто перезаписывается поверх новым.

Диски DVD-RAM. DVD-RAM – стандарт, поддерживаемый «Группой продвижения RAM». В состав группы вошли 9 лидеров индустрии: Hitachi Ltd., Hitachi-LG Data Storage Inc., Hitachi Maxell Ltd., LG Electronics Inc., Matsushita Electric Industrial Co. Ltd. (Panasonic), Samsung Electronics Co. Ltd., TEAC Corporation, Toshiba Corporation и Victor Company of Japan Limited (JVC).

Технология DVD-RAM лучше справляется с дефектами, использует зоны CLV (PCAV), что ускоряет доступ к диску, а носитель DVD-RAM лучше защищен от внешних воздействий благодаря специальному картриджу. Диски DVD-RAM можно перезаписывать не менее 100 000 раз. Главное преимущество дисков формата DVD-RAM по сравнению с другими видами

перезаписываемых DVD в том, что они обеспечивают быстрый произвольный доступ к информации. При записи на DVD-RAM можно одновременно просматривать любой фрагмент на диске, даже тот, который записывается. Быстрый поиск нужного места возможен благодаря наличию на поверхности DVD-RAM адресных участков, за которыми следуют небольшие фрагменты перезаписываемых данных. Вместе с тем, данный формат имеет смысл применять только для резервного копирования или архивирования данных.

DVD может иметь одну или две рабочие стороны и один или два рабочих слоя на каждой стороне. От их количества зависит вместимость диска:

- **однослойные односторонние (DVD-5)** вмещают 4,7 Гб,
- **двухслойные односторонние (DVD-9)** вмещают 8,7 Гб,
- **однослойные двусторонние (DVD-10)** вмещают 9,4 Гб,
- **двухслойные двусторонние (DVD-17)** вмещают 17,4 Гб.

Диски Blu-ray. BD-ROM (Blu-Ray Disc Recordable). Диск может только проигрываться. Диск BD-ROM содержит предварительно записанные данные. Несмотря на то, что диск BD-ROM может содержать любой формат данных, большая часть BD-ROM дисков содержит фильмы в формате высокой четкости для воспроизведения с помощью проигрывателя Blu-ray дисков. Данное устройство может проигрывать предварительно записанные коммерческие BD-ROM диски. Этот диск в основном похож на DVD+R, но имеет значительно большую емкость.

BD-RE (Blu-Ray Disc Rewritable). Перезаписываемый Blu-ray диск/записываемый Blu-ray диск. Формат BD-RE/BD-R наилучшим образом подходит для создания резервных копий или для записи персонального видео. В основном похож на DVD+RW, но имеет значительно большую емкость.

Двухслойные DVD-носители. В середине 2004 года на рынке появились первые серийные модели приводов, позволяющих производить запись на двухслойные носители «плюсового» формата (DVD+R DL, или DVD+R9). За счет добавления второго слоя объем носителей удалось

увеличить почти вдвое – с 4,7 до 8,5 Гбайт.

Гибридные диски. «Толстый» DualDisc. Несмотря на значительное снижение цен на DVD-приводы и DVD-носители, а также на широкое распространение DVD-проигрывателей, компакт-диски пока не собираются сдавать свои позиции. Причин тому много – это и известный консерватизм большинства пользователей, и гигантский «парк», находящихся в эксплуатации устройств, оснащенных CD-приводами.

Широкое распространение носителей двух различных форматов во многих случаях приводит к необходимости изготавливать одну и ту же продукцию и на CD, и на DVD – а это влечет за собой увеличение производственных затрат и значительное усложнение стратегического планирования.

В 2004 году DVD-Forum утвердил спецификацию гибридного формата DualDisc. Носители DualDisc представляют собой двусторонние диски, одна сторона которых записана в формате DVD, а вторая – в AudioCD. На DVD-стороне помимо собственно музыкального альбома представлены видеоклипы, фотографии, тексты песен, и пр.

За выпуск аудио продукции на носителях DualDisc выступают такие гиганты музыкальной индустрии, как Sony Music, EMI, Bertelsmann Music Group (BMG), Warner Music Group и Universal.

Правда, уже сейчас есть довольно много скептиков, которые считают формат DualDisc бесперспективным. Дело в том, что гибридный диск толще обычного CD или DVD на 0,2 мм. Эти «лишние» 0,2 мм на практике обернулись весьма серьезными проблемами.

HD-DVD и Blu-ray Disc. История противостояния двух конкурирующих форматов записи (HD-DVD и Blu-ray Disc), претендующих на право в ближайшем будущем стать общепринятым стандартом оптических дисков высокой плотности, приближается к своей кульминации. В 2004 году были утверждены окончательные версии спецификаций физического уровня HD-DVD-ROM и BD-ROM.

Прежде чем перейти к сегодняшнему состоянию дел, стоит вкратце напомнить о принципиальных различиях форматов HD-DVD и Blu-ray Disc. Оба стандарта предусматривают использование для считывания данных сине-фиолетового лазера с длиной волны 405 нм, однако параметры оптической системы и формат записи существенно различаются для каждого из них.

Однослойный диск HD DVD имеет ёмкость 15 GB, двухслойный – 30 GB. Toshiba также анонсировала трёхслойный диск, который может хранить до 45 GB данных. Это меньше, чем ёмкость основного соперника Blu-ray. Оба формата используют одни и те же методики сжатия видео: MPEG-2, Video Codec 1 (VC-1, базируется на формате Windows Media 9) и H.264. Важным фактором привлекательности HD DVD по сравнению с Blu-ray является также тот факт, что большая часть оборудования для производства DVD может быть переоснащена для производства HD DVD, так как использует ту же технологию производства.

В технологии Blu-Ray для чтения и записи используется сине-фиолетовый лазер с длиной волны 405 нм. Обычные DVD и CD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 650 нм и 780 нм соответственно. Такое уменьшение позволило сузить дорожку вдвое по сравнению с обычным DVD-диском до 0,32 микрон, и увеличить плотность записи данных. Уменьшение толщины защитного слоя в шесть раз (0,1 мм вместо 0,6 мм) предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи.

Более короткая длинная волны сине-фиолетового лазера позволяет хранить больше информации на 12 см дисках того же размера, что и у CD/DVD. Эффективный «размер пятна» на котором лазер может сфокусироваться ограничен дифракцией и зависит от длины волны света и числовой апертуры линзы, используемой для его фокусировки. Уменьшение длины волны, использование большей числовой апертуры (0,85, в сравнении с 0,6 для DVD), высококачественной двухлинзовой системы, а также уменьшение толщины защитного слоя в шесть раз (0,1 мм вместо 0,6 мм)

предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи. Что позволило записывать информацию в меньшие точки на диске, а значит, хранить больше информации в физической области диска, а также увеличить скорость считывания до 36 Мбит/с. В дополнение, к оптическим улучшениям, диски Blu-ray также имеют улучшенную технологию кодирования данных, позволяющую хранить еще больше данных.

Голографические накопители. В отличие от оптических дисков традиционной конструкции (CD, DVD и т.д.), голографические носители позволяют использовать для хранения данных всю толщину записывающего слоя. Если запись на дорожке CD- и DVD-дисков производится последовательно, бит за битом, в одном измерении, то голографическая технология позволяет применять все три измерения рабочего слоя носителя и осуществлять параллельное считывание или запись массива битов (так называемых страниц), сохраняемых в слое носителя в виде интерференционных картин (голограмм) (рисунок 1.7.11).

Использование данной технологии позволяет значительно увеличить как удельную емкость носителей, так и скорость чтения/записи. Существующие прототипы, работающие с дисковыми носителями, обеспечивают возможность записи нескольких сотен гигабайт данных на одном носителе диаметром 120-130 мм. Кроме того, на базе голографической технологии можно создавать накопители, работающие с компактными карточками емкостью от нескольких единиц до нескольких десятков гигабайт.

Технология голографической записи находится на начальной стадии коммерциализации. Ведущие разработчики голографических накопителей - японская компания Optware и американская InPhase Technologies - выпускают серии голографических накопителей для профессиональных цифровых видеозаписывающих систем, используемых в телевизионных студиях.

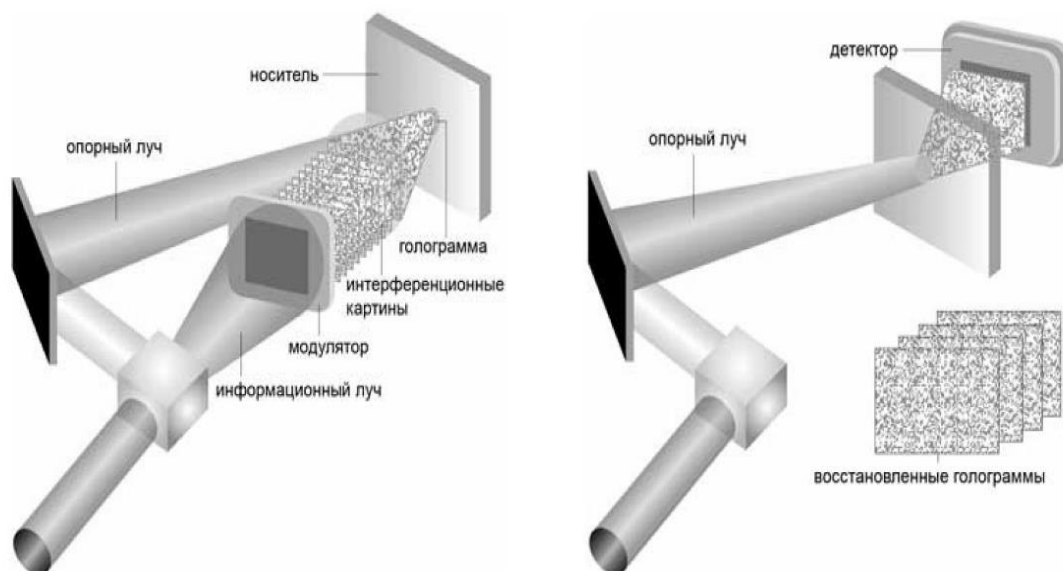


Рисунок 1.7.11 – Запись и чтение данных в голографическом накопителе

Многослойные оптические носители для приводов на базе красного лазера (HD VMD). HD VMD (High Density - Versatile Multilayer Disc) – формат цифровых носителей на оптических дисках, предназначенный для хранения видео высокой чёткости и другого высококачественного медиаконтента.

New Medium Enterprises предлагает дешевое High Definition решение медиа-носителя, основанное на использовании современной технологии красного лазера и существующей инфраструктуры производства DVD.

Диски HD VMD позволяют хранить видео стандарта 1080p, аналогично Blu-ray и HD DVD. При этом видео кодируется в формате MPEG-2 и VC-1, максимальный битрейт достигает 40 Мбит/с, также, возможно внедрение в формат кодека H.264. Формат поддерживает звук 7.1 Dolby Digital, Dolby Digital Plus и DTS.

NME разработала универсальный многослойный диск (VMD), технологически усовершенствованный оптический диск, обеспечивающий хранение информации на переносных носителях и невероятно выгодный с точки зрения соотношения цена-качество, оставив далеко позади существующие DVD технологии. Компания ставит своей задачей войти в ROM сегмент индустрии видеоразвлечений и предлагает VMD в качестве решения, способного стать достойным ответом видео пиратству.

Максимальное сближение возможностей кинотеатра и домашнего видео становится в значительной мере реальностью. Компания направляет свои усилия на дальнейшую разработку инновационных технологий хранения информации, равно как технологий сжатия видеоизображения, что делает возможным появление высокоэффективных недорогих цифровых устройств хранения информации нового поколения. Стремление компании добиться HD качества носителя с помощью VMD технологии, способствует развитию ее опыта в области разработки HD плееров, записывающих устройств и персональных видеомagneтофонов.

Многослойный универсальный диск – VMD, во всех отношениях может стать наиболее современным стандартом видеодисков, являясь предпочтительным форматом для high-definition видео контента и имея большую емкость запоминающего устройства.

VMD по своему размеру и толщине в точности повторяет DVD. В то время как DVD технология позволяет использовать два слоя диска, VMD технология дала начало многослойному использованию, что позволило значительно увеличить емкость носителя. Каждый дополнительный слой прибавляет до 5 Гбайт памяти по сравнению со стандартным DVD диском. VMD позволяет разместить до 20 слоев на одном диске, при этом качество хранимой информации не ухудшается. Это означает возможность записать до 100 и более Гбайт.

В настоящее время оптические лазерные устройства, такие как DVD-системы, функционируют на базе технологии красного лазера, они имеют длину волны 650 нм (нанометров) и воспроизводят изображение качества Standard Definition (стандартной четкости). «Технология синего лазера», предназначенная для чтения дисков с помощью лазера с меньшей длиной волны 405 нм, позволяет хранить больший объем информации, чем в стандартном DVD. Недостаток этой технологии заключается в том, что производство существующих драйвов и дисков должно быть остановлено и полностью пересмотрено, что, разумеется, повлечет значительные убытки

производителей, а это, в свою очередь, скажется на потребителе.

Не отказываясь полностью от «технологии красного лазера», разработчики NME нашли способ использования незадействованного пространства между существующими слоями стандартного DVD посредством применения уникальной многослойной технологии.

Ключевые преимущества:

1. УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ: Совместимость со всеми существующими сегодня и в прошлом форматами дисков. VMD -драйвы способны воспринимать все стандартные форматы, включая CD и DVD.

2. АДАПТИВНОСТЬ: Многослойная технология VMD не предназначена для производства дисков, работающих исключительно с красным лазером, она может быть применена также и для дисков, работающих с синим лазером, когда последний станет работать идеально. Тогда VMD достигнет даже большего объема, с легкостью обойдя все конкурентные продукты, предоставляя возможность хранения большего количества информации вне зависимости от того, на базе какого диска производятся носители.

3. ДОСТУПНОСТЬ: Для использования VMD потребуются лишь минимальные изменения производственного оборудования, в целом же эта технология не затронет основные используемые компоненты.

Многослойный универсальный диск (VMD) – это оптическое устройство для хранения данных в традиционном DVD формате за исключением того, что он может вместить в 10 раз больше информации, чем стандартный DVD. Это стало возможно благодаря многослойной технологии, которая использует незадействованное или неэффективно используемое, как мы привыкли его называть, пространство, на самом диске.

Не считая некоторых небольших изменений существующего процесса производства, используемая технология и производственное оборудование остаются прежними. Должно быть добавлено программное обеспечение, которое «заставит» читать между слоями.

VMD привод аналогичен стандартному DVD драйву с некоторыми особенностями, обеспечивающими возможность многослойного считывания. Приводы встраиваются в VMD плееры и компьютеры, что делает возможным чтение многослойных дисков.

HD (High definition). Термин «High definition» (HD) используется в отношении изделий или систем с высоким разрешением, чье преимущество заключается в том, что они способны обрабатывать гораздо больший объем аудио- и видео информации. Способность обработки информации имеет первостепенное значение для инфраструктуры рынков электроники, средств телекоммуникации и информации.

Системы High definition нуждаются в большей пропускной способности для хранения и передачи HD видеоизображения. Два главных технологических компонента HD систем (HDS) – устройство цифровой обработки сигнала (DSP) для сжатия и качественного воспроизведения и дисплей высокого разрешения.

Стандарт для записываемых DVD. Основные производители не раз пытались договориться и внедрить единый общепринятый стандарт для записываемых DVD, но каждая компания хочет видеть в таком стандарте свои фирменные технологии, на которые у нее имеются патенты, и не видеть чужих технологий, для пользования которыми пришлось бы покупать лицензии. Поэтому ведется «война форматов», в которой последнее слово – за рынком. Победят те производители, которые сумеют предложить более качественный продукт по меньшей цене.

Предел скорости. Гонка скоростей чтения и записи DVD-дисков, хоть и изрядно замедлила темп, но не остановилась: DVD-приводы до сих пор остаются самым популярным типом оптических накопителей, а значит, производители вынуждены продолжать их совершенствовать, чтобы не проиграть в конкурентной борьбе. Самым «понятным» параметром оптического привода (после, конечно, формата дисков, с которыми он может работать) является скорость – соответственно, ее производители и стремятся

увеличить.

В свое время казалась несколько сомнительной сама идея увеличения скорости записи выше 16x – на этой цифре гонка на некоторое время остановилась. Тем не менее, через некоторое время скорости начали расти снова, пусть и небольшими темпами: 18x, 20x, 22x. По субъективным ощущениям, шум при использовании режима 22x заметно сильнее, чем при более привычном 16x.

Невысокие по сравнению с CD относительные значения скорости объясняются различными величинами «x», используемыми в качестве эталонной, т.е. однократной скорости для CD и для DVD. В случае компакт-дисков 1x соответствует скорости 150 Кбайт/с, а в случае DVD – уже 1350 Кбайт/с. Таким образом, DVD-привод на скорости 4x теоретически позволяет записать за равное время тот же объем данных, что и CD-привод, работающий со скоростью 36x.

Выбор оптимальных скоростных характеристик записывающего привода является не столь простой задачей, как это может показаться на первый взгляд. Привод, обладающий более высокой максимальной скоростью записи, позволяет сохранить тот же объем данных за более короткий промежуток времени, однако с практической точки зрения приобретение привода с максимальной на данный момент скоростной формулой не всегда целесообразно.

Во-первых, необходимо учитывать, что запись на DVD-носители с относительно высокими скоростями (8x и 16x) производится в режиме Z-CLV. В этом случае диск делится на несколько зон, в пределах каждой из которых привод работает на определенной скорости. Запись начинается на минимальной скорости во внутренней зоне, расположенной в центре диска, и скачкообразно повышается при переходе из одной зоны в другую. На максимальной скорости запись производится лишь в самой последней (внешней) зоне. По этой причине DVD-привод с максимальной заявленной скоростью 8x даже теоретически не позволит записать диск вдвое быстрее,

чем 4-скоростной привод.

Во-вторых, стоимость носителей DVD-R и DVD+R значительно варьируется в зависимости от максимальной скорости записи, для которой они сертифицированы.

Существует проблема обеспечения надежности при записи с высокой скоростью. Во многих приводах имеется функция автоматической подстройки скорости записи в зависимости от характеристик используемого носителя. Как показывает практика, довольно часто фактическая скорость записи бывает ниже номинального значения.

Раздел 3. Практическое применение мультимедиа технологий

Глава 3.1 Введение в технологию FLASH

Технология *Flash* основана на использовании векторной графики в формате *Shockwave Flash (SWF)*. Хотя это далеко не первый векторный формат, создателям *SWF* удалось найти наиболее удачное сочетание между изобразительными возможностями графики, инструментальными средствами для работы с ней и механизмом включения результата в Web-страницы. С помощью *SWF* возможно созданные на его основе изображения не только могут быть анимированы, но также дополнены интерактивными элементами и звуковым сопровождением. Переносимость и возможность создания интерактивных мультимедийных приложений обусловили быстрый рост популярности формата *SWF* среди Web-дизайнеров. Поэтому почти одновременно с появлением самого формата фирмой Macromedia были созданы встраиваемые компоненты (Plug-In) для двух основных браузеров Сети: *Internet Explorer* и *Netscape Communicator*. А это, в свою очередь, способствовало еще более широкому распространению *SWF* на всемирных просторах Интернет. Однако среди разработчиков Web-публикаций наибольшей популярностью пользуется *Macromedia Flash* (просто *Flash*). Составляющими Flash-технологии являются:

- векторная графика;
- поддержка нескольких видов анимации;
- возможность создания интерактивных элементов интерфейса;
- поддержка взаимодействия с импортируемыми графическими форматами (в том числе растровыми);
- возможность включения синхронного звукового сопровождения;
- обеспечение экспорта *Flash*-фильмов в формат HTML, а также в любой из графических форматов, используемых в Интернете;
- платформенная независимость;
- возможность просмотра *Flash*-фильмов как в автономном режиме,

так и посредством Web-браузера;

– наличие инструментов визуальной разработки, избавляющих создателя Flash-фильмов от многих рутинных операций, а также от детального изучения технических аспектов реализации Flash-технологии.

Графика. В настоящее время лидирующее положение в оформлении Web-страниц занимает растровая графика. Растровыми форматами являются GIF (Graphics Interchange Format, графический формат для обмена данными), JPEG (Join Photographic Experts Group – Объединенная группа экспертов по изображениям) и PNG (Portable Network Graphics – переносимый графический формат).

При использовании растровой графики изображение описывается как совокупность точек (пикселей – pixel, Picture Element). Поскольку эти точки никак не связаны друг с другом, то для каждой из них требуется указать цвет и координаты. В простейшем случае, когда используется двухцветное изображение (например, черно-белое) для описания цвета каждого пиксела достаточно одного двоичного разряда: 0 – черный, 1 – белый. Для 256-цветного рисунка таких разрядов требуется уже 8 на каждый пиксел ($256=2^8$). Наиболее сложные, фотореалистичные цветные изображения требуют до 24 разрядов на пиксел. Вследствие этого размер файлов с растровыми изображениями очень быстро возрастает при увеличении глубины цвета изображения. Также качество изображения (его четкость, прорисовка деталей) существенно зависит от размера пиксела, который, в свою очередь, определяется разрешающей способностью монитора. Поэтому рисунок, который на одном мониторе выглядит весьма привлекательно, на другом мониторе может оказаться нечетким. Изменить размер растрового изображения не просто, ведь увеличение такого изображения означает увеличение числа пикселей.

Векторная графика – это способ представления изображения с помощью совокупности кривых, положение которых на рисунке описывается посредством математических формул.

Например, для описания любой окружности требуется всего три-четыре числа: радиус, координаты центра и толщина линии. Благодаря этому векторная графика имеет по сравнению с растровой, целый ряд преимуществ:

- математические формулы, описывающие векторное изображение, занимают намного меньше места в памяти компьютера, чем описание пикселей растрового изображения;
- возможность практически неограниченного масштабирования изображения (или отдельных его фрагментов) без потери его качества;
- совершенно «безболезненный» перенос векторного изображения с одной платформы на другую.

У векторных изображений также имеются определенные недостатки. Например, очень сложно представить компактно в векторном формате фотореалистичное изображение. В связи с этим уместно вспомнить, что самые удачные решения – компромиссные. Именно такое решение использовали и авторы Flash – при разработке Web-страниц с помощью этого инструмента вы можете импортировать и использовать не только векторные, но и растровые изображения.

Анимация. Анимация во Flash основана на изменении свойств объектов, используемых в мультипликации, объекты могут исчезать или появляться, изменять свое положение, форму, размер, цвет, степень прозрачности и т. д. Во Flash предусмотрено три различных механизма анимации объектов:

- покадровая («классическая») анимация, когда автор сам создает или импортирует из других приложений каждый кадр будущего мультфильма и устанавливает последовательность их просмотра;
- автоматическое анимирование (так называемая *tweened*-анимация), при использовании которой автор создает только первый и последний кадры мультипликации, а Flash автоматически генерирует все промежуточные кадры. Различают два вида *tweened*-анимации: анимация, основанная на перемещении объекта (*motion animation*), и анимация, основанная на

трансформации (изменении формы) объекта (shape animation);

– анимация на основе сценариев, где сценарий представляет собой описание поведения объекта на собственном языке Flash, который называется *Action Script*.

Каждый из этих механизмов имеет как достоинства, так и недостатки. В частности, tweened-анимация обладает двумя несомненными достоинствами: во-первых, нет необходимости создавать каждый кадр в отдельности; во-вторых, для воспроизведения такого мультфильма Flash достаточно хранить только первый и последний кадры, что обеспечивает значительное уменьшение объема такого фильма. Вместе с тем, tweened-анимация пригодна для создания лишь наиболее простых сюжетов, в которых свойства объектов изменяются равномерно. С помощью сценариев на *Action Script* можно описать достаточно сложное поведение объектов, однако для этого нужно изучить язык *Action Script*.

Интерактивность. Flash позволяет создавать интерактивные фильмы, в ходе воспроизведения которых посетитель сайта может использовать клавиатуру или мышь, чтобы перейти к различным фрагментам фильма, переместить объекты, ввести информацию в форму, а также выполнить многие другие операции. Интерактивность Flash-фильмов реализуется путем описания соответствующих действий в виде последовательности команд (инструкций), написанных на языке *Action Script*. Действие выполняется, когда происходит связанное с ним событие. Такими событиями, в частности, могут быть переход к определенному кадру фильма или нажатие пользователем кнопки на странице либо клавиши на клавиатуре. Интерактивными могут быть кнопки (например, сгруппированные в виде специальной панели управления), фрагменты фильма либо отдельные кадры. При этом многие стандартные действия могут быть назначены тем или иным элементам фильма без непосредственного программирования на *Action Script*. К стандартным действиям относятся, например, запуск и остановка фильма, включение и выключение звукового сопровождения, переход по заданному

URL и некоторые другие. Всего же стандартных действий насчитывается более десятка. При необходимости можно создавать достаточно сложные сценарии, в которых анализируются те или иные условия, и только потом выполняется требуемое действие. Правда, создание таких сценариев требует наличия некоторых навыков в программировании.

Звук. Flash предлагает несколько способов использования звука в фильмах. Вы можете создать звуковое сопровождение, которое воспроизводится непрерывно, независимо от сюжета фильма и действий пользователя. Альтернативный вариант - синхронизировать анимацию и звуковое сопровождение. Кроме того, Flash позволяет назначать звуки кнопкам, чтобы сделать их более интерактивными. И, наконец, еще один вариант работы со звуком – это управление звуковым сопровождением посредством сценария на *Action Script*. Во Flash предусмотрено два типа звукового сопровождения: событийно-управляемое (*event sound*) и потоковое (*stream sound*).

Для воспроизведения событийно-управляемого звука соответствующие данные должны быть загружены полностью и после этого воспроизведение продолжается до тех пор, пока не будет остановлено явно. Воспроизведение потока начинается сразу, как только загруженных данных окажется достаточно для первых нескольких кадров фильма. Для повышения удобства работы со звуком Flash предоставляет авторам следующие возможности:

- создание разделяемых библиотек звуков, что позволяет использовать звук из одной библиотеки в нескольких фильмах;
- управление параметрами сжатия звуковых данных с целью выбора оптимального сочетания качества звука и размера экспортируемого фильма, при этом автор может выбирать параметры сжатия как для отдельных звуков, так и для всех звуков в фильме.

Варианты использования фильмов Flash. Как уже было отмечено выше, основное предназначение Flash – создание насыщенных графикой и анимацией (и вместе с тем компактных) интерактивных Web-страниц. Однако

Flash – это достаточно самостоятельная технология. Поэтому ее создатели предусмотрели также и два других варианта использования результатов, полученных с помощью Flash. Первый состоит в возможности независимого (от Web-браузера) просмотра Flash-фильмов, второй заключается в конвертировании Flash-фильмов в другие форматы.

Независимый просмотр. При создании и редактировании фильмов с помощью Flash работа проводится с файлами, имеющими формат FLA. Это внутренний формат редактора Flash, и он «понятен» только ему. Фильмы, предназначенные для просмотра с помощью Web-браузеров, должны быть экспортированы в формат SWF. Как уже было отмечено выше, именно этот формат поддерживается последними версиями браузеров либо посредством специального подключаемого Flash-плеера, либо даже на уровне ядра. Flash-плеер входит в состав редактора Flash в качестве самостоятельного приложения, и SWF-файлы могут быть активизированы с его помощью без запуска самого редактора. При этом сохраняются все функциональные и интерактивные возможности.

Второй вариант просмотра Flash-фильмов с помощью универсального проигрывателя (Windows Media Player). Для этого Flash-фильм должен быть экспортирован в формат AVI. При этом размер файла с фильмом увеличивается в десятки, а иногда и в сотни раз. Конвертирование Flash - фильмов в формат AVI приводит к потере их интерактивности.

Существует и еще один способ просмотра Flash-фильмов в не интерактивном исполнении, это экспорт фильма в анимированный GIF-формат. В этом случае возможны два варианта экспорта: в виде набора GIF-файлов, каждый из которых соответствует одному кадру анимации, и в виде одного анимированного файла.

Конвертирование Flash-фильмов в графические форматы. Все перечисленные в предыдущем подразделе варианты экспорта Flash-фильмов обеспечивают сохранение (в той или иной степени) их динамики. Однако при необходимости можно воспользоваться Flash и в качестве «обычного»

графического редактора. Созданное с его помощью изображение может быть затем конвертировано в один из графических форматов (векторный или растровый).

Создание Web-страниц. Несмотря на разнообразие возможных способов просмотра Flash-фильмов, все-таки основным направлением применения этой технологии на сегодняшний день является создание красочных и динамичных Web-страниц. Существует два способа сделать Flash-фильм пригодным для отображения браузером:

- сохранить его в формате SWF и затем перетащить мышью значок файла из окна папки, в которой сохранен файл, в окно браузера;
- экспортировать Flash-фильм в формат HTML и затем открыть в браузере обычным образом.

Варианты использования Flash-фильма в качестве элемента Web-страницы весьма разнообразны, вот только некоторые из них:

- «обычная» анимация, предназначенная для повышения эстетической привлекательности страницы;
- анимированная кнопка, реагирующая на действия пользователя (перемещение указателя мыши, нажатие клавиши и т.д.). Такая кнопка может использоваться либо в качестве гиперссылки, либо активизировать какое-либо действие (например, загрузку внешнего файла, открытие нового окна браузера и т.д.);
- форма, предназначенная для приема некоторых данных от посетителя Web-страницы;
- рекламный баннер.

При необходимости можно использовать Flash и для создания «обычных» статичных HTML-страниц, на которых будет представлен только традиционный тип интерактивных элементов – гипертекстовые ссылки. Такой вариант возможен благодаря тому, что Flash поддерживает работу с текстом и с отдельными изображениями.

Основные понятия Flash. Технология создания фильмов Flash

основана на применении совсем других понятий и категорий в отличие от создания Web-страниц. Поэтому для успешного освоения Flash необходимо сначала разобраться с применяемой в нем терминологией.

При построении любого Flash-фильма используется объектно-ориентированный подход. Это означает, что все элементы фильма интерпретируются как объекты того или другого типа, для каждого из которых заданы некоторые свойства и определен набор допустимых операций. Например, для объекта «Текст» должен быть установлен размер символов, способ начертания, цвет и т.д. Текст можно определенным образом редактировать, вырезать, копировать, создавать на его основе текстовые гиперссылки и т. п. То же самое можно сказать о графических изображениях и о звуке. Тем не менее, при работе с Flash вместо понятия «объект» чаще используется термин *символ* (Symbol). В отличие от объекта символ представляет собой своеобразный шаблон объекта с определенным набором свойств он хранится в специальной *библиотеке символов* (Library) и может быть многократно использован как в одном и том же фильме, так и в нескольких фильмах. Каждая новая копия символа, помещенная в фильм, называется *экземпляром символа* (Instance). Экземпляр наследует все свойства самого символа, и между ними устанавливается связь. При изменении свойств символа соответствующие изменения автоматически применяются ко всем его экземплярам. Очевидно, что такой подход существенно экономит силы и время создателя фильма. Кроме того, механизм символов позволяет сократить и размер фильма: если в нем используется несколько экземпляров символа, то информация о свойствах не дублируется. Вместе с тем, вы можете изменять некоторые свойства конкретного экземпляра, что не влияет на свойства символа-оригинала. Например, можно изменить размер и цвет экземпляра, а если речь идет о звуковом символе – добавить тот или иной эффект.

Как правило, динамика в Flash-фильмах обеспечивается за счет того, что в течение некоторого интервала времени изменяются те или иные свойства

экземпляра (например, координаты, цвет, размер, прозрачность и т.д.), то есть изменяется состояние экземпляра. С каждым состоянием экземпляра связан отдельный *кадр* фильма (Frame). Кадр, соответствующий изменению состояния экземпляра, называется *ключевым кадром* (Keyframe). Ключевой кадр сам рассматривается как объект соответствующего типа, свойства которого пользователь может изменять. Для ключевых кадров предусмотрены специальные функции и команды, предназначение которых будет приведено ниже.

Динамика смены кадров фильма описывается с помощью *временной диаграммы* (Timeline). В качестве параметров временной диаграммы можно указывать частоту смены кадров, моменты начала и завершения движения объектов и т.д.

В фильме может использоваться несколько различных объектов. Состояние каждого из них может изменяться независимо от других, либо вообще оставаться неизменным (если, например, некоторый объект используется в качестве фона). Чтобы упростить описание поведения различных элементов фильма, каждый из них помещается, как правило, на отдельный *слой* (Layer). Разработчики Flash для пояснения роли слоев в фильме сравнивают их с листами прозрачной кальки. Собрав воедино «стопку» таких листов, вы можете получить некую сцену, на которой действуют различные «персонажи». *Сцена* (Scene) – это еще один термин, используемый при работе с Flash. Каждая сцена представляет собой определенное сочетание слоев. Для простых фильмов бывает достаточно создать и описать одну-единственную сцену, содержащую один слой. Для более сложных может потребоваться создать несколько различных сцен. Переход от одной сцены к другой определяется уже не временной диаграммой, а несколько иным механизмом. В простейшем случае сцены фильма выполняются последовательно, в соответствии с их порядковыми номерами. Для более сложного построения фильма используются средства языка *Action Script*.

При создании сложных фильмов достаточно важную роль играет еще одно понятие – **клип** (Clip, или Movie clip). Клип – это специальный тип символа. Он представляет собой как бы мини-фильм, для которого создается собственная временная диаграмма, и устанавливаются собственные параметры (например, частота смены кадров). Клип, как и любой другой элемент фильма, может быть включен в библиотеку символов для многократного использования в фильме. Каждому экземпляру клипа может быть назначено собственное имя.

Любой элемент фильма может быть использован и внутри клипа. Разрешается также создавать «вложенные» клипы. Если требуется описать некоторые дополнительные условия активизации клипа внутри фильма, то для этого могут быть использованы средства языка Action Script. В состав клипа могут включаться также интерактивные элементы (например, кнопки).

Панель инструментов редактирования. Панель инструментов редактирования расположена вдоль левой границы окна. Она обеспечивает доступ к инструментам, которые применяются для создания и редактирования графических объектов. Для удобства работы панель инструментов разделена на четыре части:

– *Tools* (Инструменты), в которой собраны кнопки выбора конкретного инструмента. Эти инструменты делятся на два вида: инструменты выбора и инструменты рисования;

– *View* (Вид) – содержит средства управления просмотром изображения, имеющегося на столе. В этом поле расположены две кнопки:

а) *Hand Tool* (Рука) – щелчок на кнопке включает режим, при котором рабочую область можно перемещать в любом направлении с помощью мыши, не пользуясь полосами прокрутки;

б) *Zoom Tool* (Масштаб) – щелчок на кнопке включает режим быстрого масштабирования изображения в рабочей области. При включении этого режима в поле Options появляются две дополнительные кнопки, позволяющие выбирать направление масштабирования (увеличение или

уменьшение);

- *Colors* (Цвета) – кнопки, которые обеспечивают отдельный выбор цвета контура и заливки объектов; подробнее их предназначение рассмотрено в разделе «Работа с цветом»;

- *Options* (Параметры) – на которой представлены элементы установки дополнительных параметров выбранного инструмента; для инструментов, не имеющих дополнительных параметров, поле *Options* остается пустым.

Рабочая область. Рабочая область занимает всю центральную часть окна. В рабочей области можно выполнять любые операции редактирования объектов, однако в «кадр» попадут только те объекты (или их фрагменты), которые расположены в пределах монтажного стола. Область за пределами монтажного стола может использоваться для выполнения «черновых» работ и реализации эффекта постепенного входа объекта в кадр (или наоборот, выхода из него). Непосредственно над рабочей областью находится относящаяся к ней панель инструментов. На ней расположены следующие элементы интерфейса слева направо:

- кнопка со стрелкой, которая обеспечивает возврат в режим редактирования всей сцены. Кнопка становится доступна, если вы работаете в режиме редактирования отдельного символа;

- текстовое поле с именем редактируемой сцены (или сцены, к которой относится редактируемый символ). По умолчанию сценам фильма присваиваются имена, состоящие из слова *Scene* и порядкового номера сцены;

- текстовое поле с именем редактируемого символа. Если данный символ содержит внутри себя другие символы, то при переходе к редактированию вложенного символа на панели отображается цепочка имен символов, соответствующая их иерархии;

- кнопка выбора сцены. Щелчок на кнопке открывает меню, содержащее список сцен фильма;

- кнопка выбора символа. Щелчок на кнопке открывает меню,

содержащее список символов фильма;

- раскрывающийся список, с помощью которого выбирается масштаб отображения рабочей области. Список является редактируемым, поэтому в случае отсутствия в нем требуемого варианта вы можете ввести нужное значение с клавиатуры.

Щелчок правой кнопкой мыши в любой точке рабочей области открывает контекстное меню, содержащее основные команды для изменения параметров рабочей области и фильма в целом. Всего таких команд около двух десятков. Пока остановимся на одной – *Scene* (Сцена). Ее выбор приводит к выводу на экран одноименной панели, предназначенной для работы со сценами фильма. С ее помощью вы можете:

- просмотреть список сцен фильма. Порядок расположения сцен в списке соответствует последовательности их появления в фильме;

- перейти к любой сцене фильма, выбрав ее в списке;

- дублировать (сделать копию) выбранную сцену, щелкнув на соответствующую кнопку в нижней части панели. Копия добавляется в список непосредственно после сцены-оригинала;

- добавить новую (пустую) сцену. Сцена добавляется в список ниже выбранной сцены;

- удалить выбранную сцену.

Монтажный стол. В центре рабочей области находится так называемый монтажный стол (Stage), который в дальнейшем будем называть просто «стол». Размер стола и его цвет определяют соответственно размер и цвет «экрана» при просмотре фильма. В каждый момент времени на столе может располагаться только одна сцена, относящаяся к данному фильму. В то же время сам стол принадлежит определенному фильму. Как только вы открываете для редактирования какой-либо фильм или создаете новый файл, в окне Flash появляется стол и связанная с ним временная диаграмма. Если же редактируемых файлов нет, то и стол не отображается. И наоборот, если вы последовательно откроете несколько файлов, в пределах основного окна будет

помещено соответствующее количество столов и связанных с ними элементов интерфейса. Объясняется это тем, что во Flash используется так называемый многодокументный интерфейс – MDI (Multi Document Interface). Такая модель работы приложения означает, что внутри одного родительского окна может быть открыто несколько редактируемых файлов – дочерних окон. MDI обеспечивает целый ряд преимуществ, одно из которых – возможность копирования или перемещения элементов из одного фильма в другой путем перетаскивания с помощью мыши (то есть применение техники drag-and-drop – «перетащи и оставь»).

Для перемещения объекта из одного фильма в другой достаточно установить указатель на этот объект, нажать кнопку мыши, и, не отпуская ее, переместить объект на нужную позицию в другом окне. Чтобы скопировать объект в другой фильм, описанные выше действия выполняются при нажатой клавише <Ctrl>.

Временная диаграмма. Над рабочей областью расположена панель временной диаграммы (Timeline). Временная диаграмма, как и стол, принадлежит конкретной сцене фильма. Она позволяет описать взаимное расположение слоев на сцене, последовательность изменения состояния объектов, представленных на сцене, и выполнить некоторые другие операции. Временная диаграмма является основным инструментом при создании анимации и при описании поведения интерактивных элементов фильма.

Панель временной диаграммы имеет весьма сложную структуру и содержит большое число элементов управления. И, в зависимости от установленных параметров, внешний вид временной диаграммы изменяется в достаточно широком диапазоне. Тем не менее, от умения работать с временной диаграммой в значительной степени зависит эффективность работы с Flash в целом.

В общем случае на панели временной диаграммы могут быть представлены следующие элементы:

- описание слоев текущей сцены фильма; описание представлено в

виде своеобразной таблицы, содержащей несколько столбцов, в которых указываются названия слоев и их атрибуты;

- собственно, временная диаграмма, содержащая шкалу кадров, изображение «считывающей головки» и временные диаграммы для каждого слоя сцены;

- выпадающее меню, которое позволяет выбирать формат представления кадров на временной диаграмме;

- строка состояния окна временной диаграммы, на которой выводится информация о некоторых параметрах фильма, а также имеются кнопки для управления отображением кадров анимации на столе.

Рассмотрим подробнее элементы временной диаграммы. Начнем со шкалы кадров. Шкала является общей для всех слоев сцены. На ней отображена нумерация кадров в возрастающем порядке. Шаг нумерации равен 5 (он остается неизменным при любом формате кадров). Считывающая головка (Play head) является своеобразным индикатором, указывающим текущий (активный) кадр анимации. При создании очередного кадра и при воспроизведении фильма считывающая головка перемещается вдоль временной диаграммы автоматически. Вручную (с помощью мыши) ее можно перемещать только после того, как анимированный фильм будет создан. Причем перемещать ее можно в обоих направлениях и при этом будет изменяться и состояние анимированных объектов. Временная диаграмма отдельного слоя представляет собой графическое изображение последовательности кадров.

Пояснения. Ключевые кадры для *tweened*-анимации перемещения обозначаются как черные точки, соединенные линией со стрелкой, на светло-синем фоне (линия со стрелкой заменяет все промежуточные кадры). Ключевые кадры для *tweened*-анимации трансформации обозначаются как черные точки, соединенные линией со стрелкой, на светло-зеленом фоне (линия со стрелкой заменяет все промежуточные кадры). Пунктирная линия указывает, что конечный (заключительный) ключевой кадр отсутствует.

Одиночный ключевой кадр в виде черной точки, после которого идет последовательность светло-серых кадров, означает, что содержимое ключевого кадра не изменяется. Заключительный ключевой кадр в этом случае обозначается пустым прямоугольником. Маленькая буква *a* указывает, что данному кадру с помощью панели Actions (Действия) было назначено некоторое действие. Красный флажок указывает, что кадр содержит метку или комментарий. Непрерывная последовательность ключевых кадров, обозначенных черными точками, означает покадровую анимацию. Желтый якорек говорит о том, что данный кадр содержит именованную метку, которая используется для навигации между кадрами фильма, и если позволяет место на диаграмме, рядом с якорем выводится имя метки.

Внешний вид временной диаграммы также существенно зависит от выбранного формата кадров. Выбор выполняется с помощью выпадающего меню *Frame View*. Действие команд меню распространяется на все строки (слои) временной диаграммы. Пункты меню разделены на четыре подгруппы. Команды из первой позволяют установить размер ячейки кадра по горизонтали и имеют следующие варианты: *Tiny* (Крошечный); *Small* (Мелкий); *Normal* (Обычный); *Medium* (Средний); *Large* (Крупный).

Формат *Large* целесообразно использовать для просмотра параметров звукового сопровождения. Во вторую группу входит единственная команда – *Short* (Короткий), которая обеспечивает уменьшение размера ячейки кадра по вертикали. Такое изменение влияет и на формат левой части временной диаграммы (где расположено описание слоев).

В третью группу также включена только одна команда – *Tinted Frames* (Окрашенные кадры). При выборе данного пункта используется цветовая индикация кадров для различных видов анимации. По умолчанию цветовая индикация кадров включена.

Последняя, четвертая, группа состоит из двух команд:

– *Preview* (Предварительный просмотр) – команда позволяет поместить непосредственно во временную диаграмму в уменьшенном виде

содержимое ключевых кадров анимации;

- *Preview In Context* (Предварительный просмотр в контексте) – данную команду целесообразно использовать в том случае, если в каждом ключевом кадре изменяются два или более объектов, поскольку она позволяет вставить в ячейку кадра на временной диаграмме все пространство сцены. Однако в этом случае изображение кадра уменьшается еще в большей степени, чем при использовании команды *Preview*.

Инспектор свойств. Ниже рабочей области (в исходном состоянии) размещается панель инспектора свойств. Если в рабочей области не выбран ни один объект, либо таковые вообще отсутствуют, то инспектор свойств отображает общие параметры фильма. При выборе какого-либо объекта автоматически изменяется формат инспектора свойств. В этом случае панель инспектора содержит следующие элементы:

- текстовое поле *Document* (Документ), в котором отображается имя редактируемого файла;

- кнопка *Size* (Размер), которая одновременно используется для отображения текущего размера стола (то есть размера «экрана» для просмотра Flash-фильма). Щелчок на кнопке открывает дополнительное диалоговое окно *Document Properties* (Свойства документа), которое позволяет изменить размеры стола, а также скорректировать значения других параметров документа;

- кнопка *Publish* (Публикация). Позволяет выполнить публикацию фильма с установленными ранее (или используемыми по умолчанию) параметрами. Публикация заключается в конвертировании исходного файла Flash-фильма (в формате FLA) в формат SWF, кроме того, по умолчанию создается Web-страница (HTML-файл), содержащая фильм, а также непосредственно на кнопке отображается один из основных параметров публикации – версия Flash-плеера, для которой выполняется конвертирование;

- кнопка *Background* (Фон), открывает окно палитры для выбора фона фильма (цвета стола);

- текстовое поле *Frame Rate* (Скорость кадров), позволяет задать частоту смены кадров анимации (частота измеряется числом кадров в секунду – frame per second, fps);
- кнопка с изображением вопросительного знака, обеспечивает вызов контекстной справки в формате HTML-документа;
- кнопка с изображением звездочки, открывает панель *Accessibility*(доступность). Эта панель позволяет установить для всех элементов фильма дополнительное свойство – доступность для восприятия людьми с ограниченными физическими возможностями. В простейшем случае это свойство реализуется посредством использования альтернативных форм представления информации. Например, звуковое сопровождение может заменяться соответствующим текстом, выводимым на экране.

С остальными элементами окна Flash, а также с командами, входящими в различные разделы меню, познакомимся в процессе выполнения лабораторных работ.

Глава 3.2 Movie Explorer – обозреватель фильма

Movie Explorer – это специальная компонента Flash, которая обеспечивает возможность просмотра структуры фильма и быстрый выбор любого элемента фильма для модификации. Использование Movie Explorer позволяет существенно повысить производительность труда разработчика фильма. С помощью Movie Explorer могут быть выполнены следующие операции:

- поиск элемента фильма по имени;
- вызов панели свойств выбранного элемента с целью его модификации;
- просмотр структуры *Flash*-фильма, созданного другим автором;
- G поиск всех экземпляров заданного символа или действия;
- замена всех вхождений шрифта другим шрифтом;
- копирование текста в буфер обмена (*Clipboard*) для последующей

вставки во внешний текстовый редактор с целью проверки правописания.

Чтобы открыть *Movie Explorer*, требуется выбрать в меню *Window/Other Panels* команду *Movie Explorer*.

Структура фильма отображается в окне обозревателя в виде дерева, уровень детализации которого можно изменять, сворачивая и разворачивая «ветви» дерева. С целью облегчения визуального восприятия структуры фильма для представления каждого типа элемента используется свой значок. Если фильм большой и дерево структуры не уместится в окне стандартного размера, пользователь может увеличить размер окна, переместив его границы с помощью мыши.

Следует отметить, что дерево фильма состоит как бы из двух частей. Первая из них описывает структуру конкретной сцены, соответственно корневым элементом этой части является элемент с именем сцены, например, *Scenel*. Если в фильме несколько сцен, то описание каждой из них выходит из своего корня. Вторая часть является общей для всего фильма (для всех сцен) и называется *Symbol Definition(s)*. Она описывает состав и структуру всех символов, используемых в фильме.

Независимо от того, с какой частью дерева вы работаете, выбрав в нем определенный элемент можно получить информацию о расположении этого элемента внутри фильма. Эти сведения выводятся в строке состояния окна обозревателя.

Существует и еще одна важная особенность работы с обозревателем. Если в фильме используется сценарий на языке *Action Script*, то щелчок на соответствующем значке в дереве фильма позволяет посмотреть сценарий. Двойной щелчок на корневом элементе или на любой строке сценария приводит к вызову редактора *Action Script* с загруженным в него сценарием.

Наряду с областью просмотра структуры фильма, в окне *Movie Explorer* имеются ряд элементов интерфейса таких как:

– *группа кнопок Show* (Показать), которые позволяют выбирать категории элементов фильма, подлежащие отображению в дереве структуры.

Кнопки используются по аналогии с флажками, то есть одновременно может быть выбрано (нажато) несколько кнопок. Варианты отбора элементов распределены между кнопками следующим образом:

а) *Show Text* (Показать текст) – в дереве отображаются текстовые элементы фильма;

б) *Show Buttons, Movie Clips and Graphics* (Показать кнопки, клипы и графику) – в дереве отображаются символы соответствующих типов (то есть в дереве будет представлена часть *Symbol Definition*). Если кнопка отжата, то в дереве отображается только корневой элемент;

в) *Show Action Scripts* (Показать сценарии) – в дереве отображаются тексты сценариев на языке *ActionScript*, описывающих поведение интерактивных элементов фильма, при этом текст сценария отображается с подсветкой синтаксиса и с учетом форматирования;

г) *Show Video, Sounds and Bitmaps* (Показать видео, звуки и растровые рисунки) – в дереве отображаются соответствующие элементы фильма;

д) *Show Frames and Layers* (Показать кадры и слои) – в дереве отображаются слои и ключевые кадры анимации. Следует обратить внимание, что слой является элементом более высокого уровня, чем кадр;

е) *Customize which items to show* (Выбор отображаемых элементов) – щелчок на этой кнопке открывает дополнительное диалоговое окно, которое позволяет выбрать сочетание отображаемых в дереве элементов, и это сочетание будет использоваться по умолчанию для всех фильмов.

– *поле ввода запроса Find* (Найти) предназначено для ввода имени элемента фильма, который требуется найти. По мере ввода имени визуальное представление дерева изменяется таким образом, чтобы искомый элемент был виден в окне *Movie Explorer*.

– **кнопка меню** открывает контекстное меню обозревателя. С его помощью вы можете указать действие, которое требуется выполнить над выбранным в дереве элементом.

В меню также содержатся команды управления форматом дерева структуры. В частности, можно запретить отображение ветви *Symbol Definition*. Меню является контекстно-зависимым и перечень доступных команд зависит от того, какого типа элемент выбран в данный момент.

Работа с отдельными объектами. Во Flash термин «объект» используется для обозначения любого элемента фильма, находящегося на столе. Используя инструменты Flash, можно перемещать, копировать, удалять, трансформировать объекты, размещать их один за или перед другим «в глубину» экрана, выравнивать их относительно друг друга и группировать. Также возможно связать объект с некоторым URL (то есть использовать его в качестве гиперссылки). Однако при выполнении манипуляций над объектами следует иметь в виду, что изменения одного объекта могут повлечь изменения другого. Это относится в первую очередь к графике.

Выбор и выделение объектов. Чтобы выполнить над объектом те или манипуляции, его необходимо предварительно **выбрать**. Во Flash используется несколько различных способов выделения выбранного объекта. Способ выделения зависит от того, каким образом выбран объект, и что вы собираетесь с ним в дальнейшем делать.

Во Flash можно выбрать объект целиком либо только его часть, группу объектов, экземпляр символа, текстовый блок (одно слово или несколько). Для выбора объектов, расположенных в рабочей области, удобнее всего использовать инструменты, размещенные на панели *Tools*.

Инструменты для выбора объектов. Прежде, чем перейти к описанию особенностей применения различных инструментов, еще раз подчеркнем, что при работе с графическими объектами следует рассматривать их как состоящие из двух компонентов: контура (Stroke) и заливки (Fill). Свойства этих компонентов (цвет, форма, взаимное расположение) могут

изменяться пользователем независимо друг от друга. Можно также удалить один из этих компонентов.

Инструментов выбора пять:

- *Arrow Tool* (Стрелка), с помощью которого можно выбрать на столе произвольную область прямоугольной формы. Область может содержать группу объектов, один объект или его часть. Данный инструмент воздействует и на контур объекта, и на заливку, то есть если в область выбора попадает и контур, и заливка, то выбраны будут оба компонента. Выбранная область может быть перемещена или отредактирована независимо от остальной части изображения;

- *Subselection Tool* (Выбор подобласти), который позволяет выбрать (выделить) объект целиком, если выбранная область захватывает несколько объектов, то выбранными оказываются все эти объекты. Данный инструмент позволяет изменять форму объекта, но выделенный объект не может быть перемещен;

- *Lasso Tool* (Петля), обеспечивающий выбор области произвольной формы. В эту область могут быть включены несколько объектов (или их фрагменты), отдельный объект, или его часть. Рассматриваемый инструмент воздействует и на контур объекта, и на заливку; выделенная область может быть перемещена или отредактирована независимо от остальной части изображения;

- *Free Transform Tool* (Произвольная трансформация), с его помощью можно выбрать на столе произвольную область прямоугольной формы. Область может содержать группу объектов, один объект или его часть. Инструмент воздействует и на контур объекта и на заливку. Его отличие от инструмента *Arrow* состоит в том, что данный инструмент обладает большими функциональными возможностями по редактированию контура и заливки объекта;

- *Pen Tool* (Перо), относится на самом деле к инструментам рисования, но может применяться для выбора контура объекта.

Чтобы включить требуемый инструмент, достаточно просто щелкнуть на соответствующей кнопке. При этом автоматически изменится и содержимое поля *Options* (если для данного инструмента предусмотрена возможность его дополнительной настройки). Дополнительные параметры могут быть установлены, в частности, для инструментов *Arrow*, *Lasso* и *Free Transform*.

Выбор одного объекта или его части. Поскольку анимация во Flash может быть построена на изменении таких свойств объекта, как цвет, форма, прозрачность, то при работе с графическим объектом пользователь может выбрать либо объект целиком, либо только его контур, либо, наоборот, только внутреннюю часть объекта (заливку).

Инструмент *Arrow*. Чтобы выбрать весь объект, следует включить на панели *Tools* инструмент *Arrow* и затем выполнить одно из двух действий:

- щелкнуть дважды мышью внутри объекта;
- установить указатель мыши за пределами объекта, и, нажав кнопку мыши, переместить указатель таким образом, чтобы весь объект оказался внутри области, ограниченной прямоугольником.

Выбранный объект отображается покрытым мелкой сеткой, а контур становится более толстым по сравнению с обычным состоянием.

Для выбора контура объекта следует подвести указатель к границе объекта и щелкнуть (один раз) левой кнопкой мыши. В результате контур будет выделен таким же образом, как и при выборе всего объекта, а внутренняя часть объекта останется невыделенной.

Если контур объекта состоит из отрезков, то щелчок на любом участке (отрезке) контура приводит к выбору только этого участка. Чтобы выбрать весь такой контур, следует щелкнуть последовательно на всех отрезках контура с одновременно нажатой клавишей <Shift>.

Выбор заливки объекта выполняется аналогично выбору контура: включив инструмент *Arrow*, следует щелкнуть один раз внутри объекта. Заливка будет выделена, а контур – нет.

Чтобы отменить выбор (снять выделение) объекта или его части, достаточно щелкнуть мышью в любой свободной позиции рабочей области.

При включении инструмента *Arrow* в поле *Options* панели инструментов отображаются кнопки-модификаторы, позволяющие установить дополнительные параметры работы этого инструмента:

- *Snap to Objects* (Привязка к объекту) – если модификатор включен, то перемещаемый объект «связывается» с другим объектом (становится его частью). Операция связывания выполняется в том случае, если кнопка мыши будет отпущена, когда перемещаемый объект находится в зоне другого объекта. Индикатором такой ситуации служит размер черной окружности, отображаемой возле указателя мыши;

- *Smooth* (Сглаживание) – щелчок на кнопке позволяет преобразовать ломаную линию в кривую. Для этого предварительно требуется выбрать все отрезки ломаной, углы между которыми требуется сгладить;

- *Straighten* (Выпрямление) – щелчок на кнопке обеспечивает уменьшение изогнутости линии; в предельном случае с помощью нескольких щелчков любую кривую можно превратить в прямую.

Чтобы выбрать произвольную часть объекта с помощью инструмента *Arrow*, следует установить указатель мыши за пределами объекта и, нажав кнопку мыши, переместить его таким образом, чтобы внутри прямоугольной области оказалась выбираемая часть объекта.

Инструмент *Arrow* можно также применять для редактирования контуров объектов и других линий. Для этого требуется подвести указатель к контуру (он не должен быть выбран!). Когда возле указателя появится значок «горячей области», нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместить указатель в нужном направлении.

Инструмент *Lasso*. Объект может быть выбран также с помощью инструмента *Lasso*. Для этого требуется очертить произвольную, границу вокруг объекта. Чтобы выбрать произвольную часть объекта с помощью инструмента *Lasso*, следует установить указатель мыши в требуемой точке

(либо за пределами, либо внутри объекта) и, нажав кнопку мыши, очертить выбираемую часть.

Для инструмента *Lasso* предусмотрено два модификатора:

– *Magic Wand* (Волшебная палочка) – включение данного режима позволяет сглаживать границы выбранной области. Параметры сглаживания устанавливаются в дополнительном диалоговом окне *Magic Wand Properties*, которое вызывается на экран с помощью одноименной кнопки;

– *Polygon Mode* (Режим многоугольника) – включение данного режима позволяет формировать область выбора, ограниченную прямыми линиями. Для создания очередного угла требуется один раз щелкнуть кнопкой мыши, а, чтобы завершить выбор, требуется щелкнуть дважды.

Для режима *Magic Wand* могут регулироваться следующие параметры:

– *Threshold* (Порог) – пороговое значение углов (в градусах) контура области выбора, которые подлежат сглаживанию;

– *Smoothing* (Сглаживание) – степень сглаживания. Значения параметра выбираются из соответствующего раскрывающегося списка, который содержит четыре варианта (они перечислены ниже в порядке возрастания степени сглаживания):

- а) *Pixel* (По пикселям);
- б) *Rough* (Приблизительное);
- в) *Normal* (Обычное);
- г) *Smooth* (Гладкое).

Инструмент *Subselection*. Инструмент *Subselection* отличается от выше рассмотренных двумя свойствами. Во-первых, при выборе объекта с его помощью объект рассматривается как единое целое, без деления на контур и заливку. Во-вторых, его работа основана на применении так называемых кривых Безье (под кривыми Безье (*Bezier*) понимается система формального (то есть на основе формул) описания графических элементов).

С помощью инструмента *Subselection* объект можно выбрать одним из двух способов:

- заключить объект в прямоугольную область (как при использовании инструмента *Arrow*);

- подвести указатель мыши к контуру объекта и, когда возле него появится индикатор «горячей зоны», щелкнуть левую кнопку мыши.

В обоих случаях по периметру объекта появятся «чувствительные» точки, с помощью которых можно изменять форму объекта. На самом деле эти точки представляют собой средство для изменения параметров кривых Безье, из которых сформирован объект. Различают два вида таких точек: точки касания и маркеры касательных. Перемещая точки касания и маркеры, можно изменять параметры кривых и, соответственно, форму объекта.

При первом способе выбора объекта по его периметру отображаются маркеры касательных, а при втором – точки касания и маркеры. При втором способе выбора объекта возможны два варианта:

- если указатель окажется между точками касания, то возле него отображается черный квадратик, в этом случае после щелчка мышью на контуре объекта отображаются только точки касания;

- если указатель попадет на точку касания, то возле него отображается белый квадратик, в этом случае после щелчка мышью на контуре объекта отображаются и точки касания, и касательные с маркерами (они темнее точек касания).

Подведя указатель к контуру объекта (между точками касания) и нажав кнопку мыши, объект можно перемещать по столу.

Выбор нескольких объектов и группирование объектов. Во Flash имеется возможность одновременного выбора нескольких объектов (или фрагментов нескольких объектов). При этом выбираемые объекты могут относиться к разным слоям. При необходимости работы с несколькими объектами как с одним целым, их следует сгруппировать.

Выбор нескольких объектов. Выбор нескольких объектов выполняется с помощью инструментов *Arrow*, *Subselect*, *Free Transform* или *Lasso*. При этом технология их использования полностью аналогична рассмотренной

выше применительно к выбору одного объекта.

Особенность применения инструмента *Subselect* состоит в том, что он позволяет выбирать только объекты, принадлежащие одному (активному в данный момент) слою.

После выбора нескольких объектов любая последующая операция будет относиться к ним ко всем. Однако такая взаимосвязь между объектами является не прочной. Она пропадает сразу, как только вы отмените выбор. Если вам требуется работать с несколькими объектами как с единым целым, целесообразно их *сгруппировать*.

Группирование объектов. Операция группирования выполняется с помощью команды *Group* (Группа), входящей в меню *Modify* (Изменить) основного окна. Результат ее применения зависит от того, с помощью какого инструмента были выбраны группируемые объекты. Инструменты *Arrow* или *Lasso* позволяют выполнить группирование послойно, то есть если вы выберете объекты, относящиеся к разным слоям, то они будут автоматически включены в разные группы. Инструмент *Subselect* позволяет группировать только объекты одного (активного) слоя. Инструмент *Free Transform* обеспечивает послойное группирование, однако выполняемые с его помощью операции применяются ко всем группам, попавшим в область выбора. Визуально группа объектов выделяется прямоугольной рамкой голубого цвета, проходящей непосредственно по контурам сгруппированных объектов.

Чтобы повторно выбрать группу, можно использовать любой из четырех инструментов: *Arrow*, *Subselect*, *Free Transform* или *Lasso*.

Чтобы разгруппировать объекты «полностью и окончательно», необходимо воспользоваться командой *Ungroup* (Отменить группирование) из меню *Modify*. Перед выполнением команды соответствующая группа должна быть выбрана.

Для вычленения объектов из группы или из состава сложного (составного) объекта, существует еще одна команда – *Break Apart* (Разделить). В результате ее применения, составляющие группу или сложный объект

элементы, становятся доступными для индивидуального редактирования. Кроме того, применение этой команды к импортированным изображениям позволяет перейти от растровой графики к векторной, что во многих случаях обеспечивает уменьшение размера исходного изображения (в смысле занимаемой памяти). Вместе с тем, выполнение команды ***Break Apart*** может привести к некоторым необратимым изменениям исходного объекта или группы, в частности:

- разрывается связь между экземпляром символа и библиотечным оригиналом;
- в анимированном символе удаляются все кадры, кроме текущего;
- растровое изображение преобразуется в заливку (цветовое заполнение) объекта;
- текстовые символы преобразуются в контуры.

Чтобы выполнить команду ***Break Apart***, следует выбрать соответствующую группу или составной объект и выбрать ее в меню ***Modify***.

Другие операции над объектами. Над выбранным объектом (или несколькими объектами) могут быть выполнены следующие действия: изменение положения точки трансформации; масштабирование; поворот и вращение; трансформация; выравнивание.

Инструмент *Free Transform* и панель *Transform*. Практически все операции по трансформированию объекта могут быть выполнены с помощью инструмента ***Free Transform*** и панели ***Transform***.

При включении инструмента ***Free Transform*** становятся доступны четыре кнопки-модификатора:

1. ***Rotate and Skew*** (Поворот и наклон);
2. ***Q Scale*** (Масштабирование);
3. ***Distort*** (Искажение);
4. ***Q Envelope*** (Изгиб).

Каждая из них работает как переключатель, то есть одновременно нельзя включить два или более режимов. Тем не менее, когда ни одна из

кнопок не нажата, обеспечивается наиболее универсальный режим работы инструмента *Free Transform*, при котором доступны почти все основные его функции.

Трансформирование объекта выполняется с помощью маркеров, расположенных на выделяющей рамке. Каждый маркер связан с определенной функцией. Чтобы пользователям было удобнее различать предназначение маркеров, с каждым из них связан свой вариант указателя мыши.

При включенном модификаторе *Rotate and Skew* возможности инструмента *Free Transform* ограничиваются лишь функциями поворота и наклона. В этом режиме виды указателей, соответствующие другим функциям, не отображаются.

При включенном модификаторе *Scale* возможности инструмента *Free Transform* ограничиваются функциями изменения размера. Соответственно, другие виды указателей не отображаются.

Модификаторы *Distort* и *Envelope* существенно отличаются от двух других:

- во-первых, при включении любого из этих режимов не отображается так называемая точка трансформации объекта;

- во-вторых, в каждом из них используется только один вид указателя, не применяемый ни в одном из других режимов работы инструмента *Free Transform* (в форме широкой белой стрелки).

Панель *Transform* имеет в целом то же предназначение, что и инструмент *Free Transform*, однако перечень реализуемых с ее помощью функций несколько отличается.

Из элементов интерфейса панели в дополнительном пояснении нуждаются только две кнопки, расположенные в ее нижнем правом углу:

- *Reset* (Сброс), которая предназначена для восстановления исходных параметров объекта;

- *Copy And Apply Transform* (Копировать и применить трансформацию), которая обеспечивает предварительное создание копии

исходного изображения и последующую трансформацию оригинала. В результате получается как бы два совмещенных изображения, различающихся выполненной трансформацией.

Изменение положения точки трансформации. Во Flash любой элемент фильма – графический объект, символ, группа, текстовый блок, имеют так называемую точку трансформации.

Точка трансформации (transformation point) – это некоторая точка объекта, относительно которой Flash выполняет позиционирование и преобразование объекта (поворот, наклон и т. д.). По умолчанию точка трансформации совпадает с геометрическим центром объекта.

Визуально эта точка отображается только в режиме трансформации объекта, то есть если объект выбран с помощью инструмента *Free Transform*. Она представляет собой небольшой кружок.

Перемещая точку трансформации, вы можете изменять результат выполнения операций позиционирования и преобразования объекта. Чтобы изменить положение точки трансформации, необходимо:

- включить инструмент *Free Transform* и выбрать с его помощью требуемый объект фильма;
- подвести к точке трансформации указатель мыши, и когда возле него появится маленький кружок, нажать левую кнопку мыши. Не отпуская кнопку мыши, переместить точку трансформации на новую позицию.

Масштабирование объекта. Под масштабированием (Scaling) объекта понимается увеличение или уменьшение размеров объекта по горизонтали либо по вертикали, или по обоим измерениям одновременно. Экземпляры символов, группы и текстовые блоки масштабируются относительно их точек привязки. Масштабирование объекта можно выполнить одним из трех способов: прямым манипулированием (с помощью мыши); с помощью команды *Scale* (Масштаб); указав размер объекта в панели *Transform*.

Чтобы масштабировать объект с помощью мыши, следует выполнить следующие действия:

- включить инструмент *Free Transform* и выбрать с его помощью требуемый объект фильма;
- установить указатель на один из маркеров масштабирования и, нажав кнопку мыши, переместить его в нужном направлении (об изменении размера объекта можно судить по изменению его контура, отображаемого при перемещении мыши).

Чтобы масштабировать объект с помощью команды *Scale*, следует выполнить следующие действия:

- выбрать требуемый объект фильма с помощью инструмента *Arrow*;
- в меню *Modify* выбрать каскадное меню *Transform*, а в нем – команду *Scale* (Масштаб). В результате ее выполнения объект окажется заключен в выделяющую рамку с маркерами;
- установить указатель на один из маркеров и, нажав кнопку мыши, переместить его в нужном направлении.

Чтобы изменить размер объекта с помощью панели *Transform*, необходимо:

- выбрать требуемый объект фильма с помощью инструмента *Arrow*;
- в меню *Window* выбрать команду *Transform*;
- в соответствующем текстовом поле указать новый размер объекта (в процентах, исходному размеру соответствует значение 100%) и нажать клавишу <Enter>. Если требуется обеспечить пропорциональное изменение размера по обоим измерениям, то предварительно следует установить флажок *Constrain* (Согласовать). В этом случае изменение одного из размеров приводит к автоматическому изменению другого.

Поворот объекта. Поворот (*Rotating*) – это изменение положения объекта относительно его точки трансформации. Поворот объекта можно выполнить одним из трех способов:

- прямым манипулированием (с помощью мыши);

- с помощью команды Rotate (Повернуть);
- указав угол поворота в панели Transform.

Чтобы выполнить поворот объекта с помощью мыши, следует выполнить следующие действия:

- включить инструмент Free Transform и выбрать с его помощью требуемый объект фильма;
- установить указатель на один из угловых маркеров и, нажав кнопку мыши, переместить его в нужном направлении. О величине угла поворота объекта можно судить по положению его контура, отображаемого при перемещении мыши.

Чтобы изменить положение объекта с помощью панели **Transform**, необходимо:

- выбрать требуемый объект фильма с помощью инструмента *Arrow*;
- установить переключатель *Rotate* (Повернуть) и в соответствующем текстовом поле указать угол поворота объекта (в градусах, исходному размеру соответствует значение 0.0). Для поворота по часовой стрелке следует вводить положительные значения угла поворота, для поворота против часовой стрелки – отрицательные;
- нажать клавишу *<Enter>*.

Отражение объекта. Отражение объекта (Flipping) – это создание зеркальной копии объекта относительно некоторой оси симметрии (горизонтальной или вертикальной). Чтобы отразить объект, необходимо открыть меню **Modify** и в каскадном меню **Transform** выбрать одну из двух команд:

- *Flip Vertical* (Отразить по вертикали);
- *Flip Horizontal* (Отразить по горизонтали).

Наклон объекта. Наклон объекта (Skewing) – это искажение («перекос») объекта по одной из осей координат при одной неподвижной стороне выделяющей рамки. Наклон объекта может быть выполнен либо

путем прямого манипулирования, либо с помощью панели **Transform**. Чтобы выполнить наклон объекта с помощью панели **Transform**, необходимо:

- выбрать требуемый объект фильма с помощью инструмента *Arrow*;
- установить переключатель *Skew* (Наклон);
- в соответствующем текстовом поле указать угол наклона объекта (в градусах, исходному положению соответствует значение 0..0) и нажать клавишу *<Enter>*. Для наклона по часовой стрелке следует вводить положительные значения угла, для наклона против часовой стрелки – отрицательные;
- если необходимо наклонить объект одновременно и по горизонтали, и по вертикали, следует ввести требуемые значения в обоих полях (клавишу *<Enter>* следует нажимать только после указания обоих значений).

Достоинство применения панели **Transform** состоит в том, что она позволяет выполнить наклон объекта по двум измерениям одновременно.

Создание эффекта перспективы и искажение. Эти две новые функции стали доступны в Flash MX благодаря включению в его состав инструмента **Free Transform**. Указанные функции включаются с помощью кнопок-модификаторов **Distort** и **Envelope** соответственно. Для создания эффекта перспективы необходимо:

- выбрать объект с помощью инструмента **Free Transform**;
- включить кнопку-модификатор **Distort**;
- подвести указатель мыши к одному из угловых маркеров и, когда указатель примет форму белой стрелки, нажать кнопку и переместить маркер в нужном направлении. При этом остальные угловые маркеры остаются неподвижны, что и обеспечивает достижение требуемого эффекта.

При включении кнопки-модификатора **Envelope** на выделяющей рамке объекта появляется большое количество дополнительных маркеров, каждый из которых позволяет перемещать произвольным образом связанный с ним

участок объекта.

Выравнивание объектов. Выравнивание объектов (*Aligning*) позволяет устанавливать расположение двух или более объектов относительно некоторой базовой позиции или относительно друг друга. Выравнивание выполняется с помощью соответствующей панели – ***Align*** (Выровнять). Чтобы ее открыть, следует войти в меню ***Window*** и в каскадном меню ***Panels*** выбрать команду ***Align***. Панель ***Align*** дает возможность вам выровнять выбранные объекты по горизонтальной или вертикальной оси. Вы можете выравнивать объекты вертикально (по правому краю, по центру или по левому краю выбранных объектов) либо горизонтально (по верхнему краю, по центру, или нижнему краю выбранных объектов). Выравнивание выполняется по соответствующим сторонам выделяющих рамок, окружающих каждый выбранный объект. Наряду с достаточно традиционными для графических редакторов способами выравнивания, указанными выше, панель ***Align*** обеспечивает еще два варианта управления размещением объектов на столе: распределение объектов по пространству стола (группы кнопок ***Distribute*** и ***Space***); выравнивание объектов по размеру (группа кнопок ***Match Size***).

Кроме того, способ реализации всех операций выравнивания зависит от состояния кнопки ***To Stage*** (Относительно стола), которая используется в качестве флажка. Если кнопка отжата («флажок снят»), то выравнивание выполняется по одному из объектов (самому правому, самому верхнему и т. д.). Если кнопка нажата, то выравнивание выполняется относительно границ или пространства стола.

Библиографический список

1. Adobe Flash CS. Официальный учебный курс (+ CD-ROM). - М.: Эксмо, 2014. - 432 с.
2. Adobe Flash CS6. Официальный учебный курс (+ CD). – М.: Эксмо, 2013. – 464 с.
3. Андерсен, Бент Б. Мультимедиа в образовании / Бент Б. Андерсен, Катя ван ден Бринк. – М. : Дрофа, 2007. – 224 с.
4. Бондарева, Г.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Мультимедиа технологии» [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 43.03.01 «Сервис»/ Бондарева Г.А. – Электрон.текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2017. – 108 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56282>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Бондарева, Г.А. Мультимедиа технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: «Информационные системы и технологии», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника», «Сервис»/ Бондарева Г.А. – Электрон.текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2017. – 158 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56283>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Бабченко Г. Л. Мультимедиа технология. СГТУ, 2009. – 100 с.
7. Гончарик Н. Г. Цифровые мультимедийные технологии – смысловые средства передачи информационного содержания // Проблемы создания информационных технологий: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 21. – С. 74-76.
8. Казанцев Г.Д. Телевидение и телевизионные устройства: Учебное пособие. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2009. – 216 с.

9. Катунин, Г. П. Основы мультимедиа. Звук и видео / Г. П. Катунин: монография. – Новосибирск: СибГУТИ, 2006. – 389 с.
10. Крапивенко А.В. Технологии мультимедиа и восприятие ощущений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Крапивенко А.В.– Электрон. текстовые данные. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 272 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6475>
11. Леонтьев В. П. Мультимедиа: Фото, видео и звук на компьютере: Карманный справочник / В. П. Леонтьев. – М.: Олма Медиа Групп, 2009. – 384 с. – (Серия «Энциклопедические справочники»).
12. Мультимедиа технологии: Конспект лекций /сост.: Е. А. Докторова. – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – 39 с.
13. Попов В. Б. Основы информационных и телекоммуникационных технологий: Мультимедиа / В. Б. Попов. – М.: Финансы и статистика. – 2007. – 336 с.
14. Радзишевский А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука, – М., Вильямс, 2006. – 288 с.
15. Средства мультимедиа: учебное пособие / С. В. Киселев. – Москва: Академия, 2009. – 64 с.: ил. – Непрерывное профессиональное образование. Оператор ЭВМ. – Библиогр.: с. 63. – ISBN 978-5-7695-5707-1.
16. Технологии мультимедиа и восприятие ощущений: учебное пособие / А. В. Крапивенко. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 272 с.: ил.. – Информатика. – Библиогр.: с. 269-271. – ISBN 978-5-94774-967-0.
17. Чепмен Н. Цифровые технологии мультимедиа: пер. с англ. / Н. Чепмен, Дж. Чепмен. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 624 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

© Северо-Кавказский социальный институт, 2019

Юридический адрес: 355012, г.Ставрополь, ул.Голенева, 59а

Почтовый адрес: 355012, г.Ставрополь, ул.Голенева, 59а

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ СЕТЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ