

Частное учреждение образования  
«Институт современных знаний имени А. М. Широкова»

Факультет искусств  
Кафедра художественного творчества и продюсерства

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой  
Ахвердова Е. И.

---

21.02.2018 г.

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета  
Полосмак А. О.

---

21.02.2018 г.

## **ЗВУКОЗАПИСЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

*Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности 1-17 03 01 Искусство эстрады  
(по направлениям), направление специальности 1-17 03 01-02  
Искусство эстрады (компьютерная музыка)*

Составитель

Ивановский А. С., старший преподаватель кафедры художественного творчества и продюсерства Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А. М. Широкова»;

Попроцкий А. Д., старший преподаватель кафедры художественного творчества и продюсерства Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А. М. Широкова»

Рассмотрено и утверждено  
на заседании Совета Института  
протокол № 7 от 27.02.2018 г.

УДК 004.9(075.8)  
ББК 32.871я73

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра искусства эстрады Учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств» (протокол № 4 от 22.11.2017 г.);

*Стельмах А. М.*, доцент кафедры менеджмента социально-культурной деятельности Учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств», кандидат искусствоведения.

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению  
кафедрой художественного творчества и продюсерства  
(протокол № 4 от 23.10.2017 г.)

344 **Ивановский, А. С.** Звукозаписывающее оборудование : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-17 03 01 Искусство эстрады (по направлениям), направление специальности 1-17 03 01-02 Искусство эстрады (компьютерная музыка) [Электронный ресурс] / Сост. А. С. Ивановский, А. Д. Попроцкий. – Электрон. дан. (1,0 Мб). – Минск : Институт современных знаний имени А. М. Широкова, 2019. – 84 с. – 1 электрон. опт. диск (CD).

Систем. требования (миним.) : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 500 Мб свободного дискового пространства ; привод DVD ; операционная система Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista (32 бит) или более поздние версии ; Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf).

Номер гос. регистрации в НИРУП «Институт прикладных программных систем» 1181814754 от 16.03.2018 г.

Учебно-методический комплекс представляет собой совокупность учебно-методических материалов, способствующих эффективному формированию компетенций в рамках изучения дисциплины «Звукозаписывающее оборудование».

Для студентов вузов.

ISBN 978-985-547-306-1

© Институт современных знаний  
имени А. М. Широкова, 2019

## Пояснительная записка

Широкое использование звукозаписывающего оборудования обусловлено применением звуковой информации в самых разнообразных сферах человеческой деятельности: шоу-бизнес, радио, телевидение, театр, кино, обучение, мультимедиа и др. Соответственно, расширяются требования к оборудованию и качеству записанного звука.

Звукозапись позволяет придать необходимые качества звуковому материалу и адаптировать его к различным условиям и задачам.

Использование методов цифровой записи звука упростило задачу и привело к созданию совершенно новых их видов и форматов звукозаписи.

Запись звука — широкая область технической и художественной деятельности практически во всех сферах современного искусства.

Целью учебно-методического комплекса (УМК) является информационно-методическое обеспечение учебного процесса. Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени, в котором определено количество часов, отведенных на изучение дисциплины.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Содержание учебно-методического комплекса дисциплины определено учебной программой, которая предусматривает последовательное изучение специфики использования методов цифровой записи звука.

Учебно-методический комплекс имеет следующую структуру:

- *пояснительная записка (введение);*
- *теоретический раздел;*
- *практический раздел;*
- *раздел контроля знаний;*
- *вспомогательный раздел.*

УМК предоставит студенту возможность ознакомиться с теоретическим содержанием дисциплины, особенностями практического процесса, устройствами и оборудованием для решения творческих задач, сформировать у студен-

тов систему знаний об основах звукозаписи и современных технологиях этого процесса.

В результате освоения курса студенты приобретут теоретические и практические знания и навыки по работе со звукозаписывающим оборудованием, необходимым для реализации творческих задач.

# І. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1. Курс лекций

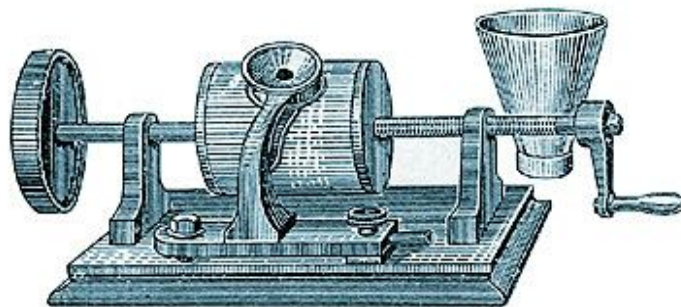
### ТЕМА 1. Определение и исторические сведения

#### о звукозаписи

*Звукозапись* – процесс записи звуковой информации с целью ее сохранения и последующего воспроизведения; записью называют также записанную звуковую информацию. Звукозапись основана на изменении физического состояния или формы различных участков носителя записи – магнитной ленты, граммофонной пластинки, киноплёнки и др. Аудиозапись представляет собой частный случай записи и воспроизведения информации и осуществляется двумя способами: акустическим и электроакустическим. В первом способе звуковые колебания непосредственно управляют работой прибора, воздействующего на носитель записи, во втором – сначала преобразуются микрофоном в электрические колебания, мощность которых повышается усилителем до необходимого значения, после чего электрические колебания поступают в прибор, воздействующий на носитель, т.е. непосредственно производящий запись. Электроакустический способ обеспечивает лучшее качество записи, большие эксплуатационные возможности аппаратуры и почти полностью вытеснил акустический способ.

Для воспроизведения звукозаписи применяют электроакустический способ, при котором сначала от фонограммы получают электрические колебания, соответствующие записанному, а затем усиливают и преобразуют их громкоговорителем в звуковые колебания. На практике различают три основные системы записи: механическую, фотографическую и магнитную. При механической записи звука игла или резец выдавливает или вырезает на поверхности движущегося носителя канавку, форма которой соответствует форме записываемых звуковых колебаний. В процессе воспроизведения электропроигрывателем граммофонная игла, двигаясь по извилинам канавки, повторяет эти колебания и передает их или мембране, излучающей звук через рупор, или электромехани-

ческому преобразователю звукопередателя, вырабатывающему электрические сигналы [1].



*Рис. 1.1. Первый фонограф Эдисона*

Механическая аудиозапись впервые практически осуществлена в 1877 году американским изобретателем Т.А. Эдисоном, построившим фонограф с записью звука на валике, обернутом оловянной фольгой. В дальнейшем фольга была заменена воском. Механическая звукозапись на граммофонных пластинках получила широкое распространение из-за простоты и удобства воспроизведения звука в домашних условиях. При фотографической записи в такт со звуковыми колебаниями изменяется (модулируется) сила или форма светового луча, падающего на движущуюся киноленту. В результате звук оказывается «сфотографированным». После химического проявления на пленке образуется затемненная дорожка записи, прозрачность или ширина которой изменяется по длине пленки в соответствии с закономерностью записанного колебания. Для воспроизведения записи фотографическую фонограмму, которая движется с той же скоростью, с какой двигалась пленка при записи, просвечивают лучом света, проходящим сквозь дорожку записи и падающим на фотоэлемент, фотоэлемент преобразует колебания силы света в электрические колебания.

Фотографическим устройством является фотографофон, изготовленный в 1901 г. немецким инженером Э. Румером. Фотографическую запись применяют главным образом в звуковом кино. При магнитной записи в такт со звуковыми колебаниями намагничиваются отдельные участки носителя, движущегося через магнитное поле. Поле создается магнитной головкой, через обмотку кото-

рой проходят усиленные электрические токи микрофона. При воспроизведении происходит обратное преобразование: движущаяся магнитная фонограмма возбуждает в магнитной головке электрические сигналы [3].

Первый аппарат для магнитной звукозаписи на стальную проволоку (телеграфон) был предложен в 1898 датским инженером В. Паульсеном. С 40–50-х гг. XX в. получила распространение магнитная звукозапись на магнитную ленту посредством магнитофонов, которые являются наиболее простыми и удобными аппаратами для производства. Звукозапись развивалась по пути совершенствования систем записи и перехода от монофонической звукозаписи к стереофонической звукозаписи, при воспроизведении которой слушатель получает информацию о пространственном расположении отдельных источников звука: звук приобретает «объемность», и восприятие его становится более естественным.

Внедрение с начала 40-х гг. магнитной аудиозаписи в процесс подготовки радиопередач явилось революцией в развитии радиовещания, создало предпосылки для возникновения новых выразительных средств, качественно новых форм и жанров вещания. Систематически стали фиксироваться и передаваться в эфир события общественной жизни. Звукозапись способствовала развитию радиопублицистики, радиодраматургии, радиотеатра, музыкального вещания, позволила сохранять и использовать в качестве постоянно действующего фонда образцы театрального искусства, исполнительского мастерства, народного творчества.

В зависимости от содержания различают звукозаписи:

- документальные записи событий, выступлений, интервью и др.;
- документально-художественные, обычно композиции, сочетающие записи документального, публицистического и художественного характера;
- художественные записи произведений художественной литературы, театра, музыки, а также оригинальных произведений радиоискусства (например, радиоспектакли).

Широко применяются записи различных звуков и шумов окружающей жизни, природы, позволяющие создавать звуковой фон, который помогает исполнителям и аудитории почувствовать реальную среду, обстановку действия (иллюзия присутствия).

Принято также различать звукозапись способом и месту записи (студийные, внестудийные, трансляционные). По продолжительности хранения и длительности использования в вещании (фондовые, в том числе уникальные, и разовые). По целевому назначению (учебные, научно-образовательные, художественно-образовательные, развлекательные, рекламные). Фондовые записи предназначаются для длительного хранения и многократного использования в радиовещании. Как правило, это исторические выступления государственных и общественных деятелей, записи выдающихся произведений литературы, музыки, театра в исполнении известных мастеров искусств, фольклорные записи и др. Фондовые записи отличаются высоким техническим уровнем, производятся по возможности в специальных студиях, причем делается несколько вариантов, из которых затем монтируется наилучший для передачи в фонд. Разовые записи производятся с целью исключения исполнительских ошибок, случайностей, возможных при прямой передаче в эфир, и использования ее без присутствия исполнителей в студии. После передачи разовая запись обычно размагничивается. Около 75% всех радиопередач предварительно записывалось, что позволяет включать их в программы вещания с учетом разницы поясного времени в различных временных зонах и в других странах.

До сих пор ни одна другая технология, кроме цифровой, не обеспечивала столь высокого качества записи с приемлемыми затратами. Цифровые магнитофоны DAT хороши всем, кроме высокой стоимости аппаратуры, пленки и малого срока службы носителя. Мини-дискуют свойственны некоторые потери при передаче звуковой информации, и он может проигрываться лишь на соответствующей аппаратуре, которая у нас пока еще не так уж широко распространена. Иное дело диск CD-R. С цифровой точки зрения, копия на нем является практически полным двойником оригинала и может воспроизводиться едва



ли не на любом CD-проигрывателе (за исключением только совсем старых моделей), он достаточно долговечен (производители заявляют о 70-летнем сроке «жизни на полке»). И, что особенно важно, он обладает полной совместимостью со стандартом Audio CD [2, 5].

## **ТЕМА 2. Механическая запись звука**

*Механическая запись звука* – система записи звука посредством изменения формы носителя при механическом воздействии на него. Механическая звукозапись является первой практической системой звукозаписи. Еще в начале 19 в. при исследовании звуковых сигналов физики стали записывать колебания некоторых источников звука. Эти записи предназначались только для визуального изучения и не могли быть воспроизведены. В 1877 г. французский ученый Ш. Кро впервые научно обосновал принципы записи звука на барабан (или диск) и его последующего воспроизведения. Первым аппаратом механической записи и воспроизведения звука был фонограф (заявка на изобретение 1877 г.) американского изобретателя Т. Эдисона. Его фонограф с восковым валиком не получил широкого распространения ввиду сложности копирования записи, быстрого изнашивания валиков и плохого качества воспроизведения. В 1888 г. немецкий инженер Э. Берлинер предложил использовать для записи носитель в форме диска. После записи с диска гальваническим способом получали матрицы, которые использовались для прессования граммофонных пластинок. До 50-х гг. XX в. механическая звукозапись была монофонической, в дальнейшем получила распространение также стереофоническая механическая звукозапись, обеспечивающая лучшее качество звучания. В начале 70-х гг. XX в. предложена квадрафоническая механическая звукозапись, в которой звуковые сигналы, передаваемые по 4 независимым каналам, записываются в одной канавке диска. Такая запись воспроизводится 4 громкоговорителями, располагаемыми по углам комнаты. Процесс механической звукозаписи делится на 3 этапа: перезапись с магнитной ленты на лаковый диск, изготовление матриц и прессование грампластинок. Установка для перезаписи на лаковый диск состоит из магни-

тофона, электронного устройства для усиления и коррекции электрических сигналов и станка записи, имеющего движущий механизм, рекордер и устройство управления. Преобразование электрических сигналов в механические колебания осуществляется рекордером, резец которого вырезает на лаковом диске канавку, модулированную звуковым сигналом. Стерефонический рекордер имеет две (по числу каналов) независимые динамические системы, связанные с одним резцом. Сигналы каждого канала отдельно записываются на левую и правую стенки канавки. Для получения металлических оригиналов и матриц, с которых затем будут изготавливаться грампластинки, запись с лакового диска переносится гальванопластическим способом на металлические диски. Для этого лаковый диск сначала покрывают тонким слоем серебра, а затем — никелевой пленкой, на которую наращивают слой меди. После отделения лакового диска получают первый оригинал. Аналогичным образом получают вторые оригиналы, с которых изготавливают никелевые матрицы. Эти матрицы прикрепляются к подогреваемым пресс-формам [3]. Прессование грампластинок из синтетических материалов производится гидравлическими прессами. Для воспроизведения механической звукозаписи служат электропроигрыватели. Преимущества механической звукозаписи — массовое тиражирование грампластинок, их относительная дешевизна и простота обращения, а также возможность надежного хранения записи длительное время в металлических оригиналах (матрицах), основные недостатки — сравнительно быстрый износ грампластинки из-за непосредственного механического контакта граммофонной иглы с ней, невозможность монтажа и стирания записи.

### **ТЕМА 3. История магнитной звукозаписи**

Несмотря на высокое качество звуковых фонограмм, механическая запись не смогла составить конкуренцию другим способам, в частности, магнитным, в радиовещании, репортерском деле, прослушивании фонограмм в движущемся транспорте и другом. В Дании 29-летний лаборант технического сектора телефонной станции г. Копенгаген Вальдемар Паульсен разработал конструкцию

аппарата для магнитной записи звука. В 1898 г. он запатентовал свое изобретение. Аппарат В. Паульсена получил название «телеграфон». Аппарат представлял не что иное, как электромагнитный фонограф. Конструкция телеграфона действительно в некоторой мере напоминала популярный в то время звуковоспроизводящий аппарат. Такой же вращающийся цилиндр, но без слоя воска, вместо него была навита тонкая стальная струна диаметром 0,5 мм, в первых моделях использовалась обычная струна от фортепиано. На эту струну и делалась запись звука. Цилиндр вращался с помощью часового механизма. Записывающая головка (электромагнит) двигалась вдоль витков со скоростью 2,1 м/с. Для 40 минут записи звука необходимо было 6000 м проволоки. Телеграфон воспроизводил записи с полосой частот 150...2500 Гц. Запись стиралась обычным сильным постоянным магнитом. Для этого необходимо было только провести им по проволоке [4].

В 1901 г. В. Паульсен создал новый аппарат, который по конструкции значительно отличался от предшественника и уже имел основные черты современных магнитофонов. Для записи использовалась стальная лента шириной 3 мм и толщиной 0,05 мм. Лента сматывалась с одной бобины и наматывалась на другую, проходя мимо записывающей и воспроизводящей головок. Запись прослушивалась на телефонные трубки.

Магнитные фонограммы, еще не могли конкурировать с грампластинками. Магнитофоны были тяжелыми, при воспроизведении давали очень слабый звук, который можно было услышать только на телефонные наушники.

Новый интерес к магнитофону начался возрастать только с появлением мощных усилителей на электронных лампах. Уже в 20-х годах американский флот применял магнитофон для ускорения передачи и приема радиотелеграфных сообщений. Несколько позже магнитофоны начали изготавливать в Германии и Англии. Для записи по-прежнему использовалась стальная лента, которой пользовался еще В. Паульсен.

Значительный толчок могла получить магнитная запись после появления в 1925 г. советского патента инженера И.И. Крейчмана на гибкую ленту, сде-

ланную из пластмассы и покрытую магнитным порошком. Но, к сожалению, это изобретение прошло незамеченным. Важный шаг вперед сделал немецкий исследователь доктор Пфлеумер благодаря изучению патента В. Паульсена. В этом патенте он нашел указание на то, что запись можно вести не только на провод и ленты, но и на диски, покрытые намагниченным порошком. Пфлеумер провел исследования по поиску пригодных магнитных носителей звука. В начале он сделал попытку заменить стальную ленту бумажной, которая была покрыта магнитным материалом, и получил обнадеживающий результат. После он перешел на более удобные, пластмассовые ленты. Начиная с 1932 г., этот тип лент быстро совершенствовался.

На ленту шириной 12 см и длиной 30 м, намотанную на бобину, можно записать несколько сотен страниц текста. Преимущества такого носителя звука заключаются в том, что на ленте можно делать письменные пометки, разрезать ее на страницы и хранить в обычных папках.

В Германии успешно занимались не только созданием новых магнитофонных лент, но и головок. Немецкий инженер Е. Шюллер в 1938 г. разработал и внедрил в производство новый тип функциональных кольцеобразных головок. В появившихся магнитофонах, с новыми кольцеобразными головками, для выполнения каждого этапа создания магнитной фонограммы использовалась специально разработанная головка (записывающая, воспроизводящая и стирающая).

В то время как в Европе интерес к разработкам в области магнитной записи звука все возрастал, в Новом Свете, в частности США, конструированием магнитофонов почти не занимались вплоть до 1937 г.

Ситуация стала резко изменяться, после того как в 1940 г. в чикагской исследовательской организации «Armor Research Fundeshen» молодой инженер Кармас разработал новые покрытия для магнитофонных пленок. Это дало возможность понизить скорость движения пленок в магнитофоне с 76 см/с до 19 и 9,6 см/с.

Первые ленточные магнитофоны появились в России в 1942 г. Это был магнитофон типа «СМ-45», работавший на ферромагнитной ленте. После войны производились модели серии «МЭЗ» для радиовещания и студийные «РМС-16». В 1949 г. в Киеве был выпущен первый отечественный массовый бытовой магнитофон «Днепр».

На немецком радио устанавливается магнитофон, работающий на пластмассовой ленте, на которую нанесен слой оксида железа. Скорость движения ленты составляла 80 см/с, что позволяло записывать частоты звука до 10000 Гц. Лента имела толщину около 0,05 мм и ширину 5 мм. Совершенствование конструкций магнитофонов продолжалось не только в направлении создания новых носителей звука, но и в разработке перспективных механизмов протяжки ленты. В 1947 г. появился магнитофон, в котором механизм протяжки ленты имел три электродвигателя. Один – для подачи ленты, другой – для вращения с постоянной скоростью ведущего вала и протягивания ленты, а третий – для подмотки ленты. Лента перемещалась со скоростью около 76 см/с и обеспечивала воспроизведение частот в диапазоне 32...9600 Гц с неравномерностью не более 4 дБ. В 1951–52 гг. появились малогабаритные бытовые магнитофоны с магнитной лентой на пластмассовой основе. Металлическая лента и провод были окончательно вытеснены как носители информации. В это время усилия разработчиков были направлены на дальнейшее повышение качества воспроизведения звука. Схема разделения тембра по низким и высоким частотам стала составной частью любого высококачественного аппарата.

В 50-е годы магнитофоны стоили очень дорого и доступны были не каждому. Поэтому были выпущены различного типа магнитофонные приставки с простым лентопротяжным механизмом и упрощенным электронным узлом записи.

Из отечественных магнитофонных приставок этого типа наиболее известной является приставка «Нота», выпускавшаяся в 60-е годы. У приставки имелся свой автономный лентопротяжный механизм, ламповый усилитель записи, но отсутствовал усилитель звуковой частоты. Для громкоговорящего прослу-

шивания записи приставку необходимо было подключить к усилителю звуковой частоты радиоприемника. Скорость ленты составляла 9,5 см/м.

В 1968 г. были произведены первые кассетные магнитофоны. В них лента двигалась со скоростью 4,75 см/с, а качество записи и воспроизведения звука оставляло желать лучшего. Невзирая на недостатки, кассетные магнитофоны привлекли внимание покупателей. Новые аппараты выгодно отличались от существовавших тогда магнитофонов, своим удобством обращения и малыми габаритами. Кассетные магнитофоны создали проблему улучшения отношения сигнал – шум [4, 5]. Это было связано в первую очередь с медленным движением ленты и узостью дорожек. Решение этой проблемы было предложено в 1969 г. американцем Рэем Долби. Им была разработана система, получившая название «Долби», которая представляла собой динамический экспандер и компрессор для точно определенного частотного диапазона. При записи повышался уровень высоких частот (от 1 до 2 кГц и выше), а при воспроизведении уровень этих сигналов снова восстанавливался. Такое действие использовалось только к сигналам с низким уровнем, соизмеримым с шумами. Применение системы позволяло не только снизить собственные шумы лент и усилителей, но и устранить некоторые паразитные эффекты, например, копирэффект. Улучшению качества работы кассетных магнитофонов способствовало также создание новых высококачественных лент на хромоксидной и кобальтовой основах, ленты «Hi-Fi Low Noise» и «Super Dinamic».

Большой популярностью пользовались индивидуальные кассетные магнитофонные проигрыватели – плееры. Для прослушивания записей в плеерах используются высококачественные головные телефоны. Качество звука в них не уступает стационарной аппаратуре.

Повышение характеристик звукозаписи связано в первую очередь с переходом от аналоговой к цифровой магнитной записи. Цифровая запись позволяет практически избавиться от детонации звука и копирэффекта, получить очень малые искажения и динамический диапазон порядка 90...100дб. Выпускающиеся цифровые магнитофоны (DAT) стоят достаточно дорого, что связано с

большой стоимостью элементов цифрового канала, в основном, аналого-цифрового преобразователя.

#### **ТЕМА 4. Носители звука и устройства его воспроизведения**

История звукозаписи насчитывает века. Еще в XVI веке делались первые попытки записи звука. Для этого использовались механические устройства – музыкальные шкатулки, шарманки, игрушки, табакерки, часы, башенные куранты и оркестрионы (устройства, имитировавшие звучание целого оркестра). Носителем в таких устройствах были обычно диски, карты или ленты с перфорацией, валики с выступами и т.д. Об аудиозаписи здесь можно говорить лишь условно [6].

В 1887 г. в США Томасом Эдисоном был запатентован свой фонограф — один из первых приборов для механической записи звука и его воспроизведения. Носителем в фонографе был цилиндрический валик, обернутый оловянной фольгой или бумажной лентой и покрытый слоем воска. Для записи и воспроизведения звука служила игла (резец), связанная с мембраной.

В 1888 г. немец Эмиль Берлинер изобрел граммофон. На стеклянную подложку он наносил сажу с парафином. После записи фонограмма покрывалась лаком и служила для получения отпечатка на хроможелатиновом слое. Позднее стали применять кислотное травление, в качестве подложки использовать цинк, а в качестве защитного слоя – воск. Применяя как оригинал цинк, протравленный в хромовой кислоте, получали гальванопластические копии.

Первая в мире граммофонная пластинка была изготовлена из целлулоида, а в 1897 г. вместо него стали использовать диски из шеллака, шпата и сажи. Такие пластинки из-за дороговизны сырья были по карману далеко не всем. Позднее шеллак был заменен синтетическими смолами. Широкое применение получила винилитовая смола.

В 1907 г. появился «граммофон нового поколения» под названием «патефон», по названию французской фирмы «Патэ», где служил его изобретатель Гильон Кеммлер. От граммофона он отличался размещением рупора внутри

корпуса, что позволило значительно уменьшить размеры и сделать «ящик с музыкой» переносным. Выпускались даже действительно портативные патефоны с раздвижным тонаром. Подшevel и носитель – пластинки, которые проигрывались со скоростью вращения 78 об/мин стали изготавливать из гораздо более дешевого сырья и в конце концов их начали штамповать из винила.

Интересно, что почти одновременно с фонографом был изобретен и принцип магнитной записи звука. Реальным рождением магнитная запись обязана датчанину В. Паульсену, который в 1898 г. продемонстрировал работоспособный аппарат – магнитофон, где носителем записи была стальная проволока. На Парижской Всемирной выставке в 1900 г. это устройство даже получило приз – на нем был впервые записан голос императора Австро-Венгрии Франца Иосифа.

При воспроизведении источником магнитного поля служат уже намагниченные участки ленты с записью. Они проходят мимо зазора, создавая в сердечнике магнитное поле, которое наводит в катушке переменный электрический ток. На смену катушкам с магнитной лентой пришли кассеты, но именно такой принцип до сих пор широко используется в аудио- и видеозаписи.

В 1924 г. несколько фирм получили патенты на улучшенные условия электрической записи, и с 1925 г. электрический способ записи с помощью микрофонов вытеснил из производства механоакустическую запись через рупор. Параллельно совершенствовалась и грамзапись. С развитием радиотехники появились радиолы, проигрыватели (приставки к приемникам) и электрофоны. Пружинный двигатель был заменен электрическим. При тех же размерах пластинки скорость уменьшилась до 33 1/3 об/мин, а увеличение плотности записи позволило создать долгоиграющие пластинки.

До 1957 года запись на пластинках была только монофонической. Но опыты проводились и в области стереофонической грамзаписи. В 1931 г. англичанин А. Блюмлейн предложил способ стереофонической записи на диск. Он предложил целых два способа стереозаписи, но недостаточный уровень техники записи-воспроизведения не позволил в то время реализовать данную идею.



В 1969–1971 гг. появились первые образцы четырехканальной квадрафонической аппаратуры: магнитофоны и грампластинки. Но квадрафонии так и не суждено было получить широкое распространение [6].

В 1982 г. фирмами Sony и Philips была применена оптическая запись с помощью полупроводникового лазера — появились компакт-диски. Звук на них записывался в цифровой форме, и систему отличало высокое качество звучания. Распространению компакт-дисков способствовали долговечность, малые габариты и удобство эксплуатации. Компакт-диск изготавливается из прозрачного полимера. На рабочей поверхности с отражающим слоем расположены канавки, в которые записываются цифровые коды в виде углублений (питов).

В настоящее время для оптической записи широко применяются перезаписываемые носители. В качестве перезаписываемых носителей распространение получили носители из материалов на основе недокиси теллура, ванадия, а для стирания применяют луч лазера различной интенсивности.

В 1992 г. фирма Sony разработала новый цифровой носитель звука — мини-диск (MD) [6, 8]. Мини-диски очень удобны для записи и работы со звуком. Они выдерживают миллион циклов перезаписи и при этом качество звучания не ухудшается, но широкого использования они не получили из-за дороговизны лицензий их держателя – Sony.

Тем временем на смену CD уже пришли диски DVD, которые применяются для записи звука, видео и файлов данных. В 1997 г. появилась и к концу века получила распространение оптическая технология хранения информации на многослойных двусторонних цифровых универсальных дисках DVD. Это более емкий (до 4,7 Гбайт) и более быстрый компакт-диск, который может содержать аудио, видео и компьютерные данные. По мнению специалистов, цифровая оптическая запись будет сопровождать нашу жизнь еще как минимум три десятка лет.

Большой прогресс был достигнут и в области устройств цифровой магнитной записи. Диапазон частот (ширина полосы), требуемый для цифровой записи, намного выше, чем в аналоговой. Для цифровой запи-

си/воспроизведения необходима полоса пропускания шириной от 1 до 2 МГц, что намного шире диапазона обычных магнитофонов.

Производители считают, что потребители уже материально готовы к переходу на DVD+RW, поскольку их наверняка привлечет возможность записывать на DVD-диски домашнее видео. К тому же записи на видеопленке живут около 15 лет, а гарантийный срок хранения видео на DVD составляет 80–100 лет.

Нельзя не упомянуть и про различные карты памяти, широко применяемые в современной бытовой аппаратуре, и, в частности, в MP3-плеерах. Какие плюсы позволяют уверенно говорить о преимуществах портативного MP3-плеера перед кассетным, CD или мини-диском? MP3-плеер в несколько раз меньше CD и в 2—3 раза кассетного плеера. Крайне мал и вес, измеряемый десятками граммов. Компактность записей позволяет использовать столь же компактные носители (чаще всего в качестве такого носителя выступает флэш-память в виде стандартной карты SmartMedia или MultiMedia Card). Файл MP3 – это оцифрованная звуковая запись, сжатая в соответствии со стандартом MPEG-1 Layer 3. Алгоритм компрессии MPEG-1 Layer 3 использует не общее сжатие всей звуковой информации, а ее избирательную фильтрацию от мало заметных для восприятия элементов.

MP3-плеер не боится толчков. При использовании флэш-памяти движущиеся части отсутствуют. Он потребляет сравнительно мало энергии и может длительно питаться от одного элемента типоразмера AA или двух AAA. Записи на MP3-плеере не теряют качество с течением времени, при многократной перезаписи или многократном прослушивании.

Одна из основных причин быстрого распространения MP3-устройств и связанных с ними технологий заключается в том, что эти плееры поддерживают воспроизведение оцифрованных аудиозаписей, доступных в Интернете.

Первый портативный MP3-плеер появился в 1998 г. Сегодня вместе со стремительным ростом популярности MP3-музыки производители выпускают разнообразные MP3-плееры.

Технологии жестких дисков и плотность записи информации на них стремительно растут. При использовании современных технологий записи на диск данные уменьшаются в размерах настолько, что могут потерять температурную стабильность. Плотность записи информации на жесткий диск будет увеличена в 100 и более раз, но это потребует дополнительных технических решений.

## **ТЕМА 5. Граммофонная пластинка**

*Граммофонная пластинка* – диск из синтетических материалов, на поверхности которого по спирали расположены канавки (дорожки). Записанный звук воспроизводится с помощью предназначенных для этой цели аппаратов – граммофонов, электрофонов и др. Процесс производства их включает создание оригинальных записей на магнитной ленте, перенос их с помощью рекордера на лаковые диски, с которых гальваническим способом изготавливаются металлические оригиналы матриц для прессования граммофонных пластинок из пластических масс. Существуют граммофонные пластинки, монофонические (с одним звуковым каналом на дорожке) – обычные (звук воспроизводится с частотой вращения диска 78 об/мин, ширина звуковой дорожки – 140 мкм) и долгоиграющие (45, 33 1/3, 16 об/мин при ширине звуковой дорожки 55 мкм), стереофонические (с двумя звуковыми каналами на дорожке) – только долгоиграющие. Международными стандартами установлены следующие типы пластинок по диаметру: 17,5 см (до 6 мин звучания одной стороны пластинки), 25 см (до 18 мин), 30 см (до 28 мин).

В 1903 г. появились (впервые в США и Великобритании) двусторонние диски. Скорость вращения диска Г. п. изменялась от 90–100 об/мин до 76–80 об/мин, в 1925 г. принят стандарт – 78 об/мин. Новый этап в истории грампластинок начался в конце 20-х – начале 30-х гг., когда были изобретены аппараты для электроакустической записи и воспроизведения звука, а также полихлорвиниловая масса для их изготовления, позволившие значительно улучшить качество звучания грамзаписей [6].

С появлением долгоиграющих грампластинок стали сокращаться тиражи обычных, и в конце 60-х гг. их массовый выпуск был прекращен. В 1957–1958 гг. в США и затем в др. странах начался выпуск стереофонических пластинок, позволивших получить при воспроизведении близкое к реальному объемное звучание. В 1962 г. во Франции были выпущены первые так называемые гибкие пластинки, которые стали использоваться в качестве звуковых иллюстраций в различного рода изданиях и обусловили появление «звуковых» журналов. В России первая фабрика грампластинок организована в 1901-1902 гг. в Риге английским акционерным обществом «Граммофон».

Были записаны основные произведения отечественной и зарубежной классической, народной и современной музыки. Собрания исполнений выдающихся артистов прошлого и современности (инструменталистов, вокалистов, мастеров театра и художественного слова).

## **ТЕМА 6. Магнитная лента**

*Магнитная лента* – носитель магнитной записи, представляющий собой тонкую гибкую ленту, состоящую из основы и магнитного рабочего слоя. Рабочие свойства магнитной ленты характеризуются ее чувствительностью при записи и искажениями сигнала в процессе записи и воспроизведения. Наиболее широко применяется многослойная лента с рабочим слоем из игольчатых частиц магнитно-твердых порошков, ориентированных обычно в направлении намагничивания при записи. В 1973 г. фирмой «Филипс» (Нидерланды) разработан высококачественный порошок с очень мелкими игольчатыми частицами железа. В качестве основы используются поливинилхлоридная пленка. Рабочий слой наносится на основу в виде магнитного лака, состоящего из магнитного порошка, связующего вещества, растворителя, пластификатора и различных добавок, улучшающих качество. После нанесения магнитного лака и его затвердевания лента сматывается в рулоны, а затем разрезается на полосы нужной ширины. Для улучшения качества поверхности рабочего слоя полируют. Магнитную ленту желательно хранить в помещении с кондиционированным

воздухом без были при температуре  $20\pm 5$  °С и относительной влажности  $60\pm 5\%$ . Для работы в особо тяжелых климатических условиях применяют металлические или биметаллические ленты. Ширина и толщина их зависят от назначения. В звукозаписи используется магнитная лента шириной 3,81 и 6,25 мм и толщиной 9, 12, 18, 27,37 и 55 мкм (кассетные и катушечные бытовые магнитофоны, студийные магнитофоны). Видеозапись осуществляется на ленту шириной 50,8 и 25,4 мм и толщиной 37 мкм (студийные видеоманитофоны), 6,25 и 12,7 мм при толщине 37 мкм (бытовые видеоманитофоны).

Тип образца магнитной ленты обозначается комбинацией из пяти элементов. Первый элемент – буква, обозначает назначение (например, А – звукозапись; Т – видеозапись и так далее). Второй элемент – цифра (от 0 до 9), указывает на материал основы. Третий элемент – цифра (от 0 до 9), обозначает толщину ленты, (например, 2 – 18 мкм; 3 – 27 мкм и т.д.). Четвертый элемент – цифра (от 01 до 99), обозначает технологическую разработку; пятый элемент – ширина в мм. Иногда ставят шестой, дополнительный буквенный индекс: П – для перфорированных лент; Р – магнитные ленты к студийным магнитофонам; Б – для магнитной ленты к бытовым магнитофонам. Например, А-4402-6 обозначает ленту для звукозаписи на лавсановой основе, толщиной 37 мкм, шириной 6,25 мм (технологическая разработка – 02). Разрабатываются металлизированные магнитные ленты. с тонким рабочим слоем из сплавов Со–Ni, Со–Р, Со–N–Р и Со–W, нанесенным электроосаждением, химическим восстановлением или напылением в вакууме.

## **ТЕМА 7. Компакт-диск**

В 1982 г. фирмами Sony и Philips была применена оптическая запись с помощью полупроводникового лазера, и появились компакт-диски. Звук на них записывался в цифровой форме, и систему отличало высокое качество звучания. Распространению компакт-дисков способствовали долговечность, малые габариты и удобство эксплуатации. Компакт-диск изготавливается из прозрачного полимера. На рабочей поверхности с отражающим слоем расположены

канавки, в канавке записываются цифровые коды в виде углублений (питов). Тип цифровой информации, которую записывают на CD, не ограничен. Объем стандартного CD – 740 мегабайт. Существует и перезаписываемый (CD-RW) диск такого же объема. Технология изготовления CD рассмотрена в лекции 21.

В настоящее время для оптической записи широко применяются перезаписываемые носители. В качестве перезаписываемых носителей распространение получили носители из материалов на основе недокиси теллура, ванадия, а для стирания применяют луч лазера различной интенсивности.

В 1992 г. фирма Sony разработала новый носитель записи звука –мини-диск (MD). На мини-диске можно записать 74 минуты стереозвуча. Мини-диски очень удобны для записи и работы со звуком. Это и мгновенный доступ к любой композиции, и возможность реорганизации, изменения порядка записей на диске, их разделение или слияние. Название песни/диска индицируется бегущей строкой. Носитель мини-диска выдерживает миллион циклов перезаписи и при этом качество звучания не ухудшается. Отсюда — очевидное преимущество мини-дисков перед кассетами. Но широкого использования они не получили из-за малой распространенности и условной дороговизны лицензий их держателя – Sony.

Мини-диск (MD) – это магнитооптический диск диаметром 64 мм. Запись на такой диск, как и на компакт-кассету, занимает столько же времени, сколько звучит записанная музыка. Алгоритм сжатия информации на мини-дисках ATRAC превосходит по качеству алгоритм MP3 со средним битрейтом и лишь немногим уступает audio CD. Формат допускает быстрый поиск, произвольное воспроизведение и редактирование записанных треков. Благодаря наличию жесткого конверта, MD хорошо защищен от механических повреждений.

Мини-диск напоминает обычную 3,5-дюймовую дискету, немного уменьшенную в диаметре, только информационная емкость его почти в 100 раз больше – 140 мегабайт.

По существу, мини-диск представляет собой обычный магнитооптический носитель информации, такой же, как и компьютерные магнитооптические

диски. Называются эти носители так потому, что запись на них производится как на дискету, магнитным способом, а чтение – оптическим. Запись осуществляется на тонкий металлический слой специального состава, обладающий одним очень важным свойством — практически полным отсутствием перемагничивания под воздействием внешнего магнитного поля. В связи с этим резко возрастает надежность хранения информации. Гарантия сохранности данных на таких дисках составляет порядка 30 лет.

Запись на мини-диск: каждый ферромагнитный материал, нагретый до определенной температуры, называемой «точкой Кюри», перестает быть ферромагнитным [1, 5]. Если в этот момент создать вокруг него мощное магнитное поле, а затем охладить материал ниже точки Кюри, то намагниченность ферромагнитного материала останется и после отключения внешнего магнитного поля. Именно этот принцип используется при записи на магнитный диск. Элементы поверхности, находящиеся под мощным магнитным полем, последовательно разогреваются лазерным лучом. Разогревание происходит короткими импульсами, разогретое место моментально охлаждается и сохраняет в себе внешнее магнитное поле, которое имеет полярность в зависимости от записываемого значения (ноль или единица). Чтение информации происходит при помощи того же лазера, который используется для записи. Единственное отличие — снижение мощности лазерного луча при чтении. Это делается для того, чтобы не повредить записанные данные. Чтение основано на принципе, заключающемся в том, что при падении поляризованного света на намагниченную поверхность изменяется направление поляризации. Благодаря применению эффективных алгоритмов экономного кодирования на мини-диск объемом 140 мегабайт удалось вместить 74 минуты высококачественного звука – столько же, сколько содержит 650-мегабайтный компакт-диск.

Первоначально мини-диск разрабатывался для применения исключительно в музыкальной сфере – на студиях звукозаписи, в профессиональном музыкальном оборудовании, в домашних аудиосистемах и портативных плеерах.

## ТЕМА 9. Сравнительные характеристики носителей звука

### *Пластинки (винил, vinyl)*

Пластинка – пионер в области «звуконосительства». В раннем возрасте она собственно и не была пластинкой — это был восковой валик. Пластинка сделана из винила, на которой механическим путем нарезана спиральная канавка, профиль которой соответствует звуковым колебаниям. По этой канавке во время воспроизведения бежит игла, колеблясь в соответствии с профилем, «снимая» звук, который из механических колебаний преобразуется в электрические и далее поступает на усилитель с колонками. Не каждая пластинка нарезается заново. Сначала изготавливается металлический образец, с которого уже штампуют диск. Пластинку легко поцарапать, они деформируются от повышенной температуры и от других механических воздействий.



*Рис. 9.1. Микрофотография иглы на дорожках винилового диска*

Не следует забывать, что винил – аналоговый носитель, без каких-либо аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований. И, по словам профессиональных DJ, звучание их более насыщено [3].

### *Магнитные ленты ( magnetic tapes )*

История магнитных лент богата. Учитывая все их недостатки, они все же продолжают оставаться самыми удобными и дешевыми носителями звука с возможностью записи. Принцип записи достаточно прост: используется ферромагнитная лента, обладающая свойством намагничиваться и размагничиваться при воздействии магнитных полей. Для записи достаточно протянуть ленту вдоль записывающей головки с определенной скоростью – она намагнитится в соответствии со звуковым напряжением, подаваемым на головку. При воспро-



изведении – наоборот: лента протягивается с той же скоростью мимо воспроизводящей головки, которая преобразует переменное магнитное поле в электрические колебания и далее, как обычно, – усилитель с колонками [2].

Недостатки: недолговечность, ленты подвержены саморазмагничиванию со временем, причем оно не столь велико — примерно двадцать лет в зависимости от качества ленты. Ленту можно размагнитить и совершенно случайно, поместив ее в магнитное поле достаточно большой величины. Если лента рвется – это фатально, и склеить ее так, чтобы это было совершенно незаметно на слух, уже не удастся. Ленты растягиваются, что искажает звук. Самая большая проблема – настройка головки в магнитофонах, т.к. обычно полностью настроить ее не удастся, да и где гарантия, что прослушиваемый вами материал не был записан на магнитофоне с плохо настроенной головкой. То же самое со скоростью движения ленты – никакими надежными способами контролировать эту скорость не удастся, все зависит от настройки электродвигателя магнитофона. Следующая болезнь магнитофонов: детонация, связанная с неточностями настройки лентопротяжного механизма, стоимость которого велика. Детонация сильно сказывается на качестве звука. Магнитные ленты обладают большим уровнем собственных шумов, снизить который позволяют лишь системы шумопонижения типа Dolby, и то не всегда. Единственное уже упоминавшееся достоинство лент – возможность многократной (хотя не слишком) перезаписи и низкая стоимость носителей.

К цифровым DAT-кассетам, где тоже используют магнитную ленту, вышеупомянутые технические требования значительно снижены, т.к. они являются носителями цифровой информации и не так критичны к собственным шумам и детонации.

То же относится и к магнитным дискам (3,5-дюймовым компьютерным дискетам – Floppy Disk).

### ***Компакт-диски (CD, Compact Disc)***

Считается, что компакт-диск — один из самых удачных примеров кооперации нескольких компаний-гигантов (Sony и Philips). Этот стандарт достаточ-

но удачен во всех своих технических решениях, поэтому компакт-диски существуют уже более 30 лет и совершенно не собираются сдавать свои позиции. CD – первый носитель звука, обладающий «идеальным» качеством для человеческого уха со средними характеристиками. Компакт-диски в идеале вечны. Информация, записываемая на них, — цифровая, поэтому на качество звучания влияет только проигрыватель. Принцип записи/воспроизведения весьма сложен, но все недостатки предыдущих носителей, как звуковые, так и пользовательские, ликвидированы. Хотя ранее и не предусматривалась возможность записи на CD в бытовых условиях, теперь это стало возможным с помощью компьютеров.

### ***Мини-диски (MiniDisc)***

Запись на мини-диски тоже цифровая, но с использованием сжатия данных. Сжатие там сродни технологии mp3, поэтому нельзя назвать эту технику «студийной». MD механически надежнее CD из-за конструкции носителя: он защищен дополнительным внешним корпусом. Поэтому их чаще используют в качестве концертных носителей.

Сейчас SONY представляет новые типы носителей MiniDisc – 1Gb, на которые можно вести запись как в формате ATRAC (SONY), так и в привычных mp3, и даже просто PCM. Кроме этого, данные носители можно использовать для простого переноса файлов.

## **ТЕМА 10. Стереофоническая звукозапись**

***Стереофоническая звукозапись*** – вид звукозаписи, при котором фонограмма содержит информацию о пространственном расположении источников звука во время записи. Под стереофонической звукозаписью понимают и соответствующий процесс записи звука, и записанную таким способом информацию. При воспроизведении стереозаписи слушатель воспринимает звук более естественно – как бы исходящим от многих отдельных источников, расположенных так же, как и во время записи; у слушателя создается впечатление «объемности» и «прозрачности» звучания. Такой эффект достигается благодаря

раздельной (по нескольким каналам) записи электрических сигналов, получаемых от разных микрофонов, и их раздельному (по соответствующему числу каналов) воспроизведению громкоговорителями. Расположение громкоговорителей должно быть подобно расположению микрофонов (должны совпадать «правая» и «левая» стороны), в отдельных каналах воспроизведения необходимы равенство коэффициентов усиления и определенное соотношение фаз сигналов (проверка правильности воспроизведения осуществляется с помощью специальных записей, например, содержащихся на испытательной грампластинке) [2,5]. Эффектное впечатление создается при прослушивании 2-канальной стереозаписи через специальный головной телефон с раздельным подключением его правого и левого капсюлей к соответствующим каналам. Качество стереофонической звукопередачи тем выше, чем больше используется каналов записи и воспроизведения; число каналов, однако, ограничивают, чтобы избежать чрезмерной сложности и высокой стоимости аппаратуры. Больше всего каналов (пять) применяют при записи звука в панорамном кино и широкоформатном кино, в стереофонической аппаратуре бытового назначения (в магнитофонах, электрофонах) их обычно два, но и при этом качество звучания намного выше, чем при одноканальной, монофонической, звукопередаче. С начала 70-х гг. XX в. в бытовой аппаратуре применяют также 4-канальную – квадрафоническую звукозапись. При воспроизведении такой записи два громкоговорителя размещают перед слушателем и два – позади него. При любом способе стереофонической звукозаписи к ней предъявляют требование совместимости с монофонической звукозаписью, что означает возможность воспроизведения записи на монофоническом воспроизводящем устройстве, без стереоэффекта.

## **ТЕМА 11. Мультитрек**

*Мультитрек* – формат записи, который позволяет записывать множество источников сигнала (инструменты, вокал, отдельные эффекты) на какой-либо носитель, а затем проигрывать в совершенной синхронизации. Этот вид записи

часто используется современными исполнителями популярной музыки на концертных выступлениях [5].

При желании можно использовать заранее записанную в фонограмме партию инструмента, или заменить ее «живым» исполнением прямо на сцене.

Звуковой материал чаще всего записывается на жесткий диск (ноутбук с многоканальной аудиокартой), что позволяет оперативно включать или отключать (мутировать) необходимый трек с записью партии инструмента (вокалиста, эффекта и т.д.).

## **ТЕМА 12. Аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый (ЦАП) преобразователи**

### *Представление звуковой информации*

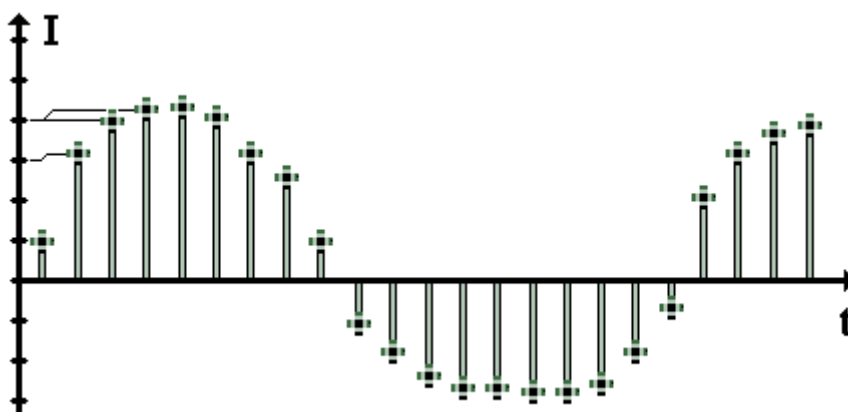
В процессе сохранения звуковой информации она должна быть «оцифрована», т.е. из аналоговой непрерывной формы переведена в цифровую дискретную. Данную функцию выполняет специальный блок, входящий в состав звуковой карты, который называется аналого-цифровой преобразователь – АЦП [3, 5].

### *Основные принципы работы АЦП*

Во-первых, он производит дискретизацию записываемого звукового сигнала по времени. Это означает, что измерение уровня интенсивности звука ведется не непрерывно, а в определенные фиксированные моменты времени (через равные промежутки времени). Частоту, характеризующую периодичность измерения звукового сигнала, принято называть частотой дискретизации. Теорема Найквиста гласит, что частота «оцифровки» звука должна как минимум в 2 раза превышать максимальную частоту, входящую в состав спектра сигнала.

Считается, что редкий человек слышит звук частотой более 22 000 Гц (22 кГц). Отсюда следует, что частота дискретизации в таких случаях должна быть не ниже 44 кГц. Названная частота используется, в частности, при записи музыкальных компакт-дисков. Однако часто такое высокое качество не требуется, и частоту дискретизации можно значительно снизить. Например, при записи речи вполне достаточно частоты дискретизации 8 кГц.

Во-вторых, АЦП производит дискретизацию амплитуды звукового сигнала. Это следует понимать так, что при измерении имеется «сетка» стандартных уровней, и текущий уровень измеряемого сигнала округляется до ближайшего из них. Итак, в ходе оцифровки звука мы получаем поток целых чисел, представляющих собой стандартные амплитуды сигналов через равные промежутки времени.



*Рис. 12.1. Аналого-цифровое преобразование*

На рисунке 12.1 представлен процесс «оцифровки» зависимости интенсивности звукового сигнала  $I$  от времени  $t$ . Отчетливо видна дискретизация по времени (равномерные отсчеты на горизонтальной оси) и по интенсивности сигнала (требуемое при этом округление схематически изображено «изломами» горизонтальных линий разметки). Подчеркнем, что на рисунке степень дискретизации для наглядности сознательно утрирована: реально различие между соседними уровнями дискретизации по обеим осям значительно меньше и, следовательно, форма сигнала передается гораздо точнее.

Мы рассмотрели лишь наиболее общие принципы записи цифрового звука. На практике для получения качественных звуковых файлов используется целый ряд дополнительных технических приемов.

Любая информация для хранения в компьютере приводится к цифровой форме и затем переводится в двоичную систему.

Остается рассмотреть обратный процесс – воспроизведение записанного в компьютерный файл звука. Здесь имеет место преобразование в противоположном направлении – из дискретной цифровой формы представления сигнала

в непрерывную аналоговую, поэтому вполне естественно соответствующий узел компьютерного устройства называется **ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь**.

Качественный вид результата представлен на рисунке 12.1:

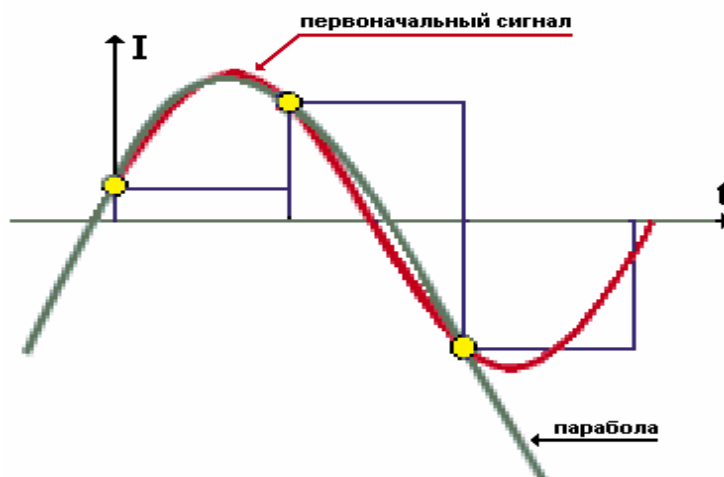


Рис 12.2. Цифро-аналоговое преобразование

Видно, что на интерполируемом участке даже для параболы совпадение получается вполне удовлетворительное.

### ТЕМА 13. Жесткий диск

Технологии жестких дисков не стоят на месте, плотность записи информации на них стремительно растет. Однако при использовании современных технологий записи на магнитный диск через 5-7 лет биты данных на диске уменьшатся в размерах настолько, что могут потерять температурную стабильность. Можно использовать более стабильные магнитные носители, но существующие магнитные головки не могут записывать данные на такие носители. Специальные технологии решают эту проблему другим способом. Она предполагает точечный нагрев магнитного носителя в месте записи бита информации с помощью лазерного луча. При нагревании магнитный носитель становится более восприимчив к записи, а последующее мгновенное охлаждение стабилизирует записанные биты данных. Таким образом, тепловая обработка должна обеспечить существенное увеличение плотности записи.

Предполагается, что с помощью новых технологий удастся резко увеличить производительность, вместимость и надежность накопителей на жестких магнитных дисках. Плотность записи информации на жесткий диск будет увеличена в 100 и более раз [2].

#### **ТЕМА 14. Твердотельные накопители**

Накопители, построенные на использовании энергонезависимой памяти (NAND SSD), появились относительно недавно, во второй половине 90 годов прошлого века, но начали уверенное завоевание рынка в связи с прогрессом в микроэлектронике, и улучшением основных характеристик, в том числе стоимости за гигабайт. До середины 2000-х годов уступали традиционным накопителям – жестким дискам – в скорости записи, но компенсировали это высокой скоростью доступа к произвольным блокам информации (скорость поиска, скорость начального позиционирования). С 2012 года уже выпускаются твердотельные накопители со скоростью чтения и записи, во много раз превосходящие возможности жестких дисков. Характеризуются относительно небольшими размерами и низким энергопотреблением [2, 3].



*Рис.14.1. Компоненты HDD (слева) и SSD (справа)*

RAM SSD построены на использовании энергозависимой памяти (такой же, какая используется в ОЗУ персонального компьютера), наподобие RAM drive, и характеризуются сверхбыстрым чтением, записью и поиском информации. Основным их недостатком является чрезвычайно высокая стоимость за единицу объема информации. Используются, в основном, для ускорения работы крупных систем управления базами данных и мощных графических станций. Такие накопители, как правило, оснащены аккумуляторами для сохранения

данных при потере питания, а более дорогие модели – системами резервного и/или оперативного копирования. Примерами таких накопителей являются I-RAM и ACARD ANS-9010.

Пользователи, обладающие достаточным объёмом оперативной памяти, могут организовывать имитацию подобных устройств за счет технологии RAM drive, например, для оценки быстродействия виртуальных машин.

**Преимущества** – отсутствие движущихся частей, поэтому:

- полное отсутствие шума (0 дБ);
- высокая механическая стойкость (кратковременно выдерживают порядка 1500 g);
- стабильность времени считывания файлов вне зависимости от их расположения или фрагментации; более того, блоки, идущие подряд с точки зрения операционной системы, из-за выравнивания износа (wear leveling) будут расположены в случайном порядке;
- скорость чтения/записи выше, чем у распространенных жестких дисков, и близка к пропускной способности интерфейсов (SAS/SATA II 300 МБайт/с, SAS/SATA III 600 МБайт/с). Для твердотельных накопителей были разработаны более быстрые интерфейсы: mSATA, NGFF (M.2), SATA Express, NVMe Express (стандарт на подключение SSD по шинам PCI Express);
- количество произвольных операций ввода-вывода в секунду (IOPS) у SSD на несколько порядков выше, чем у жестких дисков;
- низкое энергопотребление;
- широкий диапазон рабочих температур;
- намного меньшая чувствительность к внешним электромагнитным полям;
- малые габариты и вес.

**Недостатки.** Главный недостаток NAND SSD – ограниченное количество циклов перезаписи. Обычная (MLC, Multi-level cell, многоуровневые ячейки памяти) флеш-память позволяет записывать данные примерно 3000—10000 раз.



Более дорогостоящие виды памяти (SLC, Single-level cell, одноуровневые ячейки памяти) – около 100 000 раз. Для борьбы с неравномерным износом применяются схемы балансирования нагрузки. Контроллер хранит информацию о том, сколько раз какие блоки перезаписывались, и при необходимости «меняет их местами». При выработке ресурса накопитель перейдет в режим «только для чтения», что позволит скопировать данные. Этот недостаток отсутствует у RAM SSD, а также у нескольких перспективных технологий, которые к концу 2010-х могут заменить флеш-память, например, FRAM, где ресурс может составлять десятки лет в режиме непрерывной перезаписи.

Цена гигабайта SSD-накопителей в несколько раз (6—7 для наиболее дешевой флеш-памяти) выше цены гигабайта HDD (по состоянию на октябрь 2014 – 35 центов за гигабайт). К тому же стоимость SSD прямо пропорциональна их ёмкости, в то время как стоимость традиционных жестких дисков зависит не только от количества пластин и медленнее растёт при увеличении объема накопителя.

Невозможность восстановить информацию при электрических повреждениях. Так как контроллер и носители информации в SSD находятся на одной плате, то при превышении или значительном перепаде напряжения чаще всего сгорает весь SSD-носитель с безвозвратной потерей информации. Напротив, в жестких дисках чаще сгорает только плата контроллера, что делает возможным восстановление информации с приемлемой трудоёмкостью.

***Поддержка в различных ОС. Microsoft Windows и твердотельные накопители.*** В ОС Windows 7 была введена специальная оптимизация для работы с твердотельными накопителями. При наличии SSD-накопителей эта операционная система работает с ними иначе, чем с обычными HDD-дисками. Например, Windows 7 не применяет к SSD-накопителю дефрагментацию, технологии Super Feth и Ready Boost и другие техники упреждающего чтения, ускоряющие загрузку приложений с обычных HDD-дисков. Предыдущие версии Microsoft Windows такой специальной оптимизации не имеют и рассчитаны на работу только с обычными жёсткими дисками. Поэтому, например, некоторые файло-

вые операции Windows Vista, не будучи отключенными, могут уменьшить срок службы SSD-накопителя. Операция дефрагментации должна быть отключена, так как она практически никак не влияет на производительность SSD-носителя и лишь дополнительно изнашивает его ресурс.

**Операционная система Mac OS X**, начиная с версии 10.7 (Lion) полностью осуществляет TRIM-поддержку для установленной в системе твердотельной памяти. С 2010 года компания Apple представила компьютеры линейки Air, полностью комплектуемые только твердотельной памятью на основе Flash-NAND памяти. До 2010 г. покупатель мог выбрать для данного компьютера обычный жёсткий диск в комплектации, но дальнейшее развитие линейки в пользу максимального облегчения и уменьшения корпуса компьютеров данной серии потребовало полного отказа от обычных жёстких дисков в пользу твердотельных накопителей. Объём комплектуемой памяти в компьютерах серии Air составляет от 128Гб до 512Гб. По данным J.P. Morgan, с момента представления было продано 420 000 компьютеров этой серии полностью на твердотельной Флеш-NAND памяти. 11 июня 2012 года на основе флеш-памяти был представлен обновленный модельный ряд профессиональных ноутбуков Mac Book, в котором опционально можно было установить 768 Гб флеш-памяти.

**Операционная система Linux**, начиная с версии ядра 2.6.33 полностью осуществляет TRIM -поддержку для установленной в системе твердотельной памяти при указании опции «discard» в настройках монтирования накопителя.

**Перспективы развития.** Главный недостаток SSD-накопителей на базе флеш-памяти — ограниченное число циклов перезаписи. При развитии технологий изготовления энергонезависимой памяти, возможно, будет устранён путём изготовления носителя информации по другим физическим принципам, например, FeRAM, ReRAM (resistive random-access memory) и другие.

## ТЕМА 15. Магнитофоны

**Магнитофон** (от магнит и греч. *phone* – звук), аппарат для магнитной записи и воспроизведения звука. По назначению и качественным показателям

различают магнитофоны профессиональные – для синхронной (с изображением) звукозаписи на перфорированной магнитной ленте, используемые в звуковом кино, и студийные для звукозаписи на неперфорированной магнитной ленте шириной 6,25 мм, применяемые в радиовещании, в кино и студиях грамзаписи, телецентрах и др., когда требуется высококачественная звукозапись; так называемые полупрофессиональные (чаще всего на ленте шириной 6,25 мм) – для записи диспетчерских переговоров на транспорте, сигналов звуковых частот в научных исследованиях и т.п.; бытовые – для любительской звукозаписи и для проигрывания покупных фонограмм. Кроме того, существуют диктофоны, репортерские магнитофоны – легкие переносные аппараты с автономным электропитанием, учебные, в которых предусмотрена параллельная запись на двух дорожках и подключение к устройствам внешнего контроля в процессе обучения иностранным языкам и т.д., магнитофонные приставки, а также сочетания магнитофона с другими аппаратами (магнитола, магниторадиола).

В состав магнитофона входят лентопротяжный механизм для продвижения ленты, усилители электрических сигналов, магнитные головки для записи, воспроизведения и стирания записи, генератор высокочастотных колебаний, указатель (индикатор) уровня записи и устройство электропитания. Получаемый от генератора ток высокой частоты (40—200 кГц) подается в обмотки головки записи (для подмагничивания ленты) и головки стирания записи. От величины подмагничивания зависят основные качественные показатели магнитофона. Сила тока подмагничивания выбирается оптимальной для каждого типа магнитной ленты. В целях упрощения и удешевления магнитофонов (особенно бытовых) применяют универсальный (для поочередной записи и воспроизведения) усилитель и универсальную магнитную головку. Обычно в магнитофоне лента наматывается или на сердечник (в профессиональных), или на катушки (в полупрофессиональных и бытовых). В кассетном магнитофоне лента (изредка магнитная проволока) расположена в закрытой кассете, которая легко устанавливается и снимается. Применение таких кассет защищает ленту от пыли и прикосновения рук, а также упрощает эксплуатацию. В стереофонических маг-

нитофонах структурная схема усложняется: для каждого канала требуются отдельные усилители, головки, громкоговорители. Бытовые стереофонические магнитофоны имеют 2 канала; профессиональные – до 16 [2, 3, 5]. Определены рабочие скорости ленты: 38,1; 19,05; 9,53; 4,76 см/сек. В некоторых магнитофонах предусмотрена работа на двух или трех скоростях по выбору. Качественные показатели аппарата зависят от его назначения, класса и рабочей скорости. Как правило, чем больше скорость движения ленты, тем качественные показатели магнитофона. Рассмотрим наиболее применимые студийные магнитофоны.

### ***STM-610***

Производство венгерского аппарата компании Mechanikai Laboratórium (ML) STM-610 началось 1976 году. Аппарат был очень распространён в 80-х годах и выпускался вплоть до 1993 года. Эти магнитофоны, по качеству сборки, своим техническим характеристикам и возможностям, вполне можно было сравнивать с OTARI (Япония) и Studer (Швейцария).



*Рис. 15.1. Магнитофон STM-610*

## *Многоканальные студийные магнитофоны*

### *OTARI MTR 90 III*



*Рис. 15.2. Магнитофон OTARI MRT 90 III*

Появление многоканального аналогового (2" лента) магнитофона MTR-90 на музыкальном рынке сделало его абсолютным лидером среди приборов записи на магнитную ленту. Практически никакие другие подобные приборы не могли сравниться с MTR-90 по четкости синхроруправления, качеству и музыкальности звучания. Новый MTR-90 III дополнил прежние преимущества новыми, среди которых: увеличенная в полтора раза скорость перемотки (лента длиной в 2400 футов перематывается за 82 секунды!); замедление скорости при окончании ленты с целью предотвращения ее утяжки; новые VU индикаторы с подсветкой для лучшего визуального контроля с дальней дистанции; автоматический детектор определения дефектов ленты; улучшенная вентиляционная перфорация корпуса и многое другое. Серия 90 III доступна в 24- или 12-канальном исполнении [8].

### *TASCAM ATR-80/24 и ATR-80/32*



*Рис. 15.3. Магнитофон TASCAM ATR-80/24 и ATR-80/32*

24- или 32-дорожечные магнитофоны серии ATR-80 определяют мировой уровень требований на многодорожечные магнитофоны с двухдюймовой лентой.

### *Fostex E16*



*Рис 15.4. Магнитофон Fostex E16*

В течение последних десятилетий японские компании занимают прочные позиции в производстве профессиональной техники звукозаписи. Одной из ведущих фирм, специализирующихся в области производства магнитофонов, является компания Fostex.

## ТЕМА 16. Микрофоны. Классификация и основные параметры

*Микрофон* – это устройство для преобразования акустических колебаний воздушной среды в электрические сигналы.

В настоящее время существуют различные типы микрофонов, которые находят широкое применение в системах радиовещания, телевидения, телефонии, озвучения, звукоусиления, записи и усиления звука. Микрофон является первым и одним из наиболее важных звеньев любого электроакустического тракта. Поэтому его свойства оказывают огромное влияние на качество работы этого тракта [4, 8].

По способу преобразования колебаний микрофоны подразделяют на:

- *электродинамические* (ленточные и катушечные);
- *электростатические* (конденсаторные и электретные);
- *электромагнитные, угольные и другие.*

По диапазону воспринимаемых частот:

- *узкополосные* (речевые);
- *широкополосные* (музыкальные).

По направленности:

- *ненаправленные* (круговые);
- *двунаправленные* (восьмеричные или косинусоидальные);
- *однаправленные* (кардиоидные, суперкардиоидные, гиперкардиоидные);
- *остронаправленные.*

По помехозащищенности:

- *шумозащищенные;*
- *обычного исполнения.*

По электроакустическим параметрам микрофоны разделяют на четыре группы сложности: нулевая (высшая), первая, вторая и третья. Микрофоны нулевой, первой и второй групп сложности предназначены для звукопередачи, звукозаписи и звукоусиления музыки и речи, микрофоны третьей групп слож-

ности – только для речи. Кроме того, по некоторым параметрам микрофоны подразделяются на устройства высшей и первой категории качества.

Основные параметры микрофонов: номинальный диапазон частот, модуль полного электрического сопротивления, чувствительность, типовая частотная характеристика чувствительности, характеристика направленности.

Номинальный диапазон частот – тот диапазон частот, в котором микрофон воспринимает акустические колебания и в котором нормируются его параметры. Для профессиональных студийных целей обычно стремятся использовать микрофоны нулевой группы сложности высшей категории качества, для которых нормируется диапазон частот 20–20000 Гц. Микрофоны первой группы сложности должны иметь номинальный диапазон частот не менее 31,5–18000 Гц, второй группы 50–15000 Гц, третьей группы 63–12500 Гц.

Модуль полного электрического сопротивления (называемого также выходным или внутренним) нормируется на частоте 1 кГц. Сопротивление может быть комплексным или активным. Если оно комплексное и, следовательно, зависящее от частоты, то приводят или модуль на частоте 1 кГц, или среднее значение по диапазону частот. Для микрофонов нулевой и первой групп сложности нормируется значение модуля полного электрического сопротивления 50 Ом и менее, 100 и 200 Ом, а для микрофонов второй и третьей групп сложности также еще и 2 кОм.

Чувствительность микрофона — это отношение напряжения  $U$  на выходе микрофона к воздействию на него звуковому давлению  $p$ , выраженное в милливольтках на паскаль (мВ/Па):  $E=U/p$ .

Характеристика направленности  $R(q)$  — зависимость чувствительности микрофона в свободном поле на определенной частоте  $f$  от угла  $q$  между рабочей осью микрофона и направлением на источник звука.

Диаграмма направленности – это графическое изображение характеристики направленности, которое чаще всего приводят в полярных координатах.

### ***Устройство и принцип действия микрофонов***

На рис. 16.1 рассмотрены основные принципы устройства микрофонов.



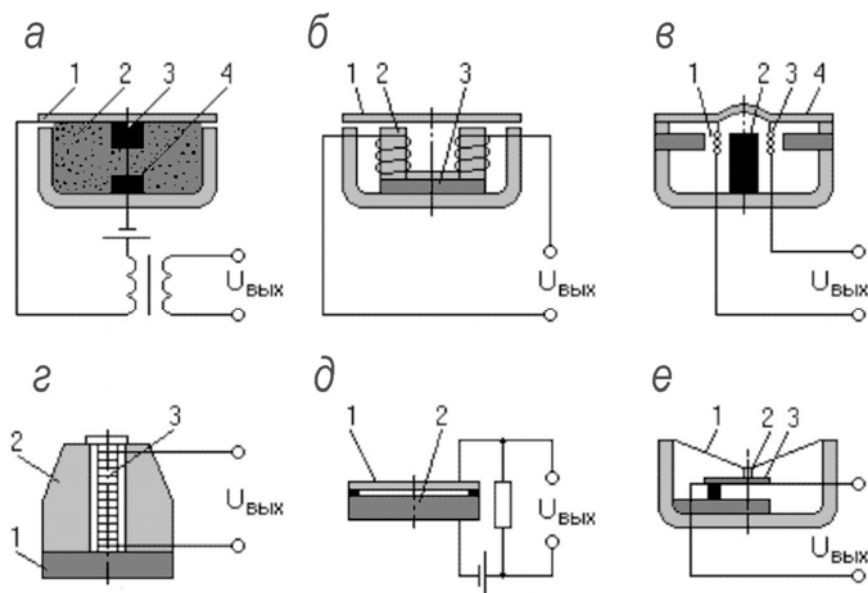


Рис. 16.1. Устройство микрофонов:

*а* — угольного; *б* — электромагнитного; *в* — электродинамического; *г* — ленточного; *д* — конденсаторного; *е* — пьезоэлектрического

**Угольный микрофон** (рис. 16.1, *а*) работает следующим образом. При воздействии звукового давления на его диафрагму 1 она начинает колебаться. В такт этим колебаниям изменяется и сила сжатия зерен угольного порошка 2, в связи, с чем изменяется сопротивление между электродами 3 и 4, а при постоянном электрическом напряжении изменяется и ток через микрофон. Если, скажем, включить микрофон к первичной обмотке трансформатора Т, то на зажимах его вторичной обмотки будет возникать переменное напряжение, форма кривой которого будет отображать форму кривой звукового давления, воздействующего на диафрагму микрофона.

Основное преимущество угольного микрофона — высокая чувствительность, позволяющая использовать его без усилителей. Недостатки — нестабильность работы и шум из-за того, что полезный электрический сигнал вырабатывается при разрыве и восстановлении контактов между отдельными зернами порошка, большая неравномерность частотной характеристики и значительные нелинейные искажения.

После угольного микрофона появился **электромагнитный** микрофон, который работает следующим образом (рис. 16.1, *б*). Перед полюсами (полюсными наконечниками) 2 магнита 3 располагают ферромагнитную диафрагму 1

или скрепленный с ней якорь. При колебаниях диафрагмы под воздействием на нее звукового давления меняется магнитное сопротивление системы, а значит, и магнитный поток через витки обмотки, намотанной на магнитопровод этой системы. Благодаря этому на зажимах обмотки возникает переменное напряжение звуковой частоты, являющееся выходным сигналом микрофона. Электромагнитный микрофон стабилен в работе. Однако ему свойственны узкий частотный диапазон, большая неравномерность частотной характеристики и значительные нелинейные искажения.

В противоположность электромагнитному микрофону чрезвычайно широкое распространение для целей озвучения, звукоусиления получил электродинамический микрофон в своих двух модификациях – катушечной и ленточной.

Принцип действия *электродинамического катушечного* микрофона состоит в следующем (рис.16.1, в). В кольцевом зазоре 1 магнитной системы, имеющей постоянный магнит 2, находится подвижная катушка 3, скрепленная с диафрагмой 4. При воздействии на нее звукового давления, она вместе с подвижной катушкой начинает колебаться. В силу этого в витках катушки, перерезывающих магнитные силовые линии, возникает напряжение, являющееся выходным сигналом микрофона.

Электродинамический микрофон стабилен, имеет довольно широкий частотный диапазон, сравнительно небольшую неравномерность частотной характеристики.

Устройство ленточного *электродинамического* микрофона несколько отличается от устройства катушечной модификации (рис. 16.1, г). Здесь магнитная система микрофона состоит из постоянного магнита 1 и полюсных наконечников 2, между которыми натянута легкая, обычно алюминиевая, тонкая (порядка 2 мкм) ленточка 3. При воздействии на обе ее стороны звукового давления возникает сила, под действием которой ленточка начинает колебаться, пересекая при этом магнитные силовые линии, вследствие чего на ее концах развивается напряжение. Так как сопротивление ленточки очень мало, то для уменьшения падения напряжения на соединительных проводниках оно подает-

ся на первичную обмотку повышающего трансформатора, размещенного непосредственно вблизи ленточки. Напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора является выходным напряжением микрофона. Частотный диапазон этого микрофона довольно широк, а неравномерность частотной характеристики невелика.

Для электроакустических трактов высокого качества наибольшее распространение в настоящее время получил *конденсаторный* микрофон. Принципиально он работает следующим образом (рис. 16.1, д). Жестко натянутая мембрана 1 под воздействием звукового давления может колебаться относительно неподвижного электрода 2, являясь вместе с ним обкладками электрического конденсатора. Этот конденсатор включается в электрическую цепь последовательно с источником постоянного тока  $E$  и активным нагрузочным сопротивлением  $R$ . При колебаниях мембраны емкость конденсатора меняется с частотой воздействующего на мембрану звукового давления, в электрической цепи появляется переменный ток той же частоты и на нагрузочном сопротивлении возникает падение напряжения, являющееся выходным сигналом микрофона. Нагрузочное сопротивление должно быть большим, чтобы падение напряжения на нем не уменьшалось сильно на низких частотах, где емкостное сопротивление конденсатора очень велико и эксплуатация такого микрофона была бы невозможна из-за сравнительно небольшого сопротивления микрофонных линий и нагрузки. По этой причине почти у всех современных конденсаторных микрофонов предусмотрены конструктивно связанные с самим микрофоном усилители, имеющие малый коэффициент усиления (порядка 1), высокое входное и низкое выходное сопротивления. Конденсаторные микрофоны имеют самые высокие качественные показатели: широкий частотный диапазон, малую неравномерность частотной характеристики, низкие нелинейные и переходные искажения, высокую чувствительность и низкий уровень шумов.

Принцип действия *электретных микрофонов* аналогичен принципу действия конденсаторных микрофонов, с тем отличием, что для их работы не требуется внешний источник питания. Мембрана таких микрофонов получает

электрический заряд в процессе производства, и для их питания достаточно небольшого напряжения (обычно около 1,5 вольта), которое обеспечивается установленной в микрофоне батареей.

По сравнению с конденсаторными микрофонами, мембрана электретных микрофонов значительно толще, поэтому их чувствительность и частотные характеристики несколько хуже. Появившиеся недавно «обратно-электретные» микрофоны несколько компенсируют этот недостаток за счет того, что электрический заряд получает не мембрана, а фиксированная металлическая пластина, а сама мембрана может быть изготовлена из более тонкого материала.

Некоторое распространение получили микрофоны *пьезоэлектрические* (рис. 16.1, *е*). Их действие основано на том, что звуковое давление воздействует непосредственно или через диафрагму 1 и скрепленный с ней стержень 2 на пьезоэлектрический элемент 3. При деформации последнего на его обкладках вследствие пьезоэлектрического эффекта возникает напряжение, являющееся выходным сигналом микрофона.

*Стереофонический микрофон* представляет собой систему из двух микрофонов, конструктивно размещенных в общем корпусе на одной оси друг над другом. Для записи по системе XY применяют стереофонические микрофоны, состоящие из двух одинаковых монофонических микрофонов с кардиоидными характеристиками направленности, причем акустические оси левого и правого микрофонов повернуты на  $90^\circ$  относительно друг друга (рис. 16.2, *а*). При записи по системе MS один из микрофонов (микрофон середины) имеет круговую характеристику направленности, а другой (микрофон стороны) — косинусоидальную характеристику направленности (рис. 16.2, *б*).

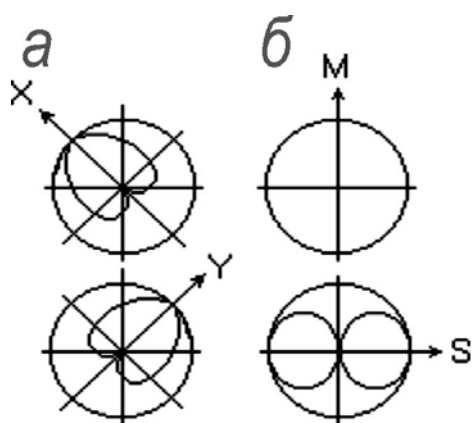


Рис. 16.2. Характеристики направленности стереофонических микрофонов

**Радиомикрофон** представляет собой систему, состоящую из микрофона, переносного малогабаритного передатчика и стационарного приемника. Микрофон чаще всего используют динамический катушечный или электретный. Передатчик либо совмещают в одном корпусе с микрофоном, либо выполняют карманного типа. Он излучает энергию радиочастот в УКВ диапазоне на одной из фиксированных частот. Вследствие влияния дополнительных преобразований в системе «передатчик — эфир — приемник» качественные параметры радиомикрофона уступают параметрам обычного микрофона.

### **Оптические микрофоны**

В обычных микрофонах, что конденсаторных, что динамических, колебания воздушной среды преобразуются в электрические. В новом микрофоне наличествует еще одно звено – световой луч. В микрофоне есть два световода: один – издающий, другой – принимающий, а вместо стандартной мембраны используется зеркальная мембрана, отражающая луч на принимающий световод. Когда эта мембрана находится в состоянии покоя, луч попадает точно на принимающий светодиод. Но стоит мембране прийти в движение от воздействия на нее звука, как угол отражения, естественно, меняется, соответственно, меняется и количество света, попадающего на принимающий светодиод. Все это фиксируется фотодетектором, который уже преобразует световой поток в электрические колебания.

## ***Цифровые микрофоны***

В цифровом микрофоне, без какого бы то ни было усиления, аналоговый сигнал превращается в цифровой. Это осуществляется с помощью уникального конвертера. На выходе цифрового преобразователя вырабатывается 28-битный сигнал с динамическим диапазоном более 140 дБ. Основное преимущество прямого преобразования – значительное увеличение динамического диапазона, которое заметно на всем дальнейшем пути прохождения сигнала. Регулировка чувствительности осуществляется в цифровом виде, в результате можно отказаться от таких традиционных периферийных устройств, как предусилитель и аналого-цифровой преобразователь.

## **ТЕМА 17. Запись сигналов от различных источников**

### ***Запись вокала, помещение***

Чаще всего вокалисты при записи располагаются в отдельном, хорошо акустически заглушенном помещении, а объем создается искусственным образом при помощи обработки звука ревербератором. Однако если у вас нет заглушенного помещения, вполне можно использовать естественную реверберацию.

### ***Выбор микрофона***

Каждый исполнитель, каждая песня требуют индивидуального подхода. Но есть несколько критериев, от которых надо отталкиваться при выборе микрофона. Так, динамические микрофоны характеризуются меньшим количеством высоких частот, но обладают большей стойкостью к перегрузкам. Для вокалистов с очень мощным голосом этот тип микрофонов может быть единственным приемлемым вариантом. Однако чаще для записи вокала используются все-таки конденсаторные микрофоны, причем микрофоны с большой мембраной. Конденсаторные микрофоны с малой мембраной дают менее окрашенный звук, который хорош при записи подпевок. Некоторые модели микрофонов, часто используемые для записи голоса: конденсаторные с большой мембраной – Neumann U 87, AKG C 414, Neumann TLM 193, Audio-Technica AT 4050; динамические – Shure SM 58, Sennheiser MD 421, Electro-Voice RE 20.

### *Процесс записи*

Одна из основных проблем при записи вокала – взрывные согласные и шипящие звуки. Микрофон лучше поместить чуть выше линии рта, примерно на линии носа (если микрофон установлен сверху вниз), или чуть ниже линии рта (если микрофон установлен обычно), и не направлять его прямо в рот исполнителя. Можно применить и экран, он позволяет удержать наиболее активных вокалистов. Иногда помогает ветрозащита. Впрочем, для достижения эффекта интимности можно петь близко к микрофону, но тогда вокалист должен уметь это делать. От проникновения вибрационных шумов помогают подвеска микрофона (наиболее известный тип подвески — «паук», когда микрофон находится на растяжках) и стойка со специальными вибропоглощающими элементами в конструкции.

### *Аккомпанемент*

Для получения хорошей записи очень важным является комфортный звук аккомпанемента. Например, громкость сопровождения может повлиять на точность пения, поскольку чем звук тише, тем он субъективно кажется ниже. Однако комфортность аккомпанемента включает не только приемлемую громкость, но и, возможно, специальный баланс инструментов. Если вокальная партия требует ритмичности, сделайте несколько громче барабаны. Для более точной фразировки можно усилить инструменты, определяющие гармонию песни, например, бас, клавишные или гитару. Партии дополнительных, украшающих инструментов можно сделать тише или убрать совсем.

Многим вокалистам, особенно не имеющим большого опыта студийной записи, тяжело петь в наушниках. Вернее им тяжело слышать себя в наушниках, так как они привыкли контролировать свое пение в открытом акустическом пространстве. Поэтому наушники лучше использовать открытые. Можно подать звук только в один наушник и при этом снять другой. В конечном итоге можно отказаться от наушников и слушать в мониторах, если включить их не громко.

### ***Оборудование***

Есть два основных подхода к процессу записи. Первый – звук до записи не должен проходить дополнительной обработки. Кроме, возможно, динамической, например, компрессирования или лимитирования. Второй – вы можете спокойно обрабатывать звук всеми необходимыми средствами, включая эквалализацию и реверберацию. Мы не рекомендуем применять второй способ тем, кто не обладает достаточным практическим опытом подобной записи.

Одним из способов решения проблемы шипящих звуков является применение «деэссера» или компрессора вместе с эквалайзером [8].

Часто используется прием под названием «double track» (двойная дорожка). Это означает, что одна и та же вокальная партия не только прописывается на нескольких дорожках, но и воспроизводится при сведении с нескольких дорожек. Таким образом, звук получается более плотным (что особенно ценно для высоких теноров), а за счет неизбежных небольших расхождений в ритмике и высоте тона происходит естественное «хорусирование».

### ***Последующая обработка***

Если у вас есть несколько свободных дорожек можно применить метод монтажного редактирования. Запишите несколько полных (от начала до конца) вокальных партий, выберите лучший дубль, найдите неудачные места и перепишите вместо них удачные места с других дублей.

Для решения проблем строя можно попытаться обработать уже записанную партию. Если у вас есть процессор, способный производить смещение высоты тона (*pitch shifter*), пропустите вокальную дорожку через него. При этом необработанная дорожка должна остаться. Установите смещение высоты тона на требуемую величину и переключайтесь на обработанный сигнал.

## **ТЕМА 18. Запись барабанов**

Прежде всего, необходимо добиться максимально хорошего звука от барабанов в акустическом варианте. Меняя расположение микрофонов относительно барабана, можно радикально изменить звучание установки.



Если вы хотите получить больше низких частот, поместите микрофон на расстоянии от двух до пяти сантиметров от ударного пластика. Приближение микрофона к пластику поднимает низкие частоты. Наиболее выраженную атаку вы получите, направив микрофон на место удара палки по пластику. Для смещения баланса к основному тону направьте микрофон немного в сторону от этого места. Чтобы подчеркнуть акустику помещения отодвиньте микрофон подальше от инструмента.

Для получения более «шумного» звука хай-хета (или индивидуально снимаемой тарелки) направляйте микрофон ближе к краю тарелки, а для получения более яркого, ясного звука, направьте микрофон на ее купол.

Для подчеркивания атаки в бас-барабанах, поместите микрофон внутри барабана, направив микрофон на то место пластика, в которое бьет колотушка. Для ослабления атаки направьте подальше от колотушки. Если вы хотите добавить резонанс самого барабана, отодвиньте микрофон от ударного пластика.

Существуют три основных способа записи ударной установки: ***двухмикрофонный, трехмикрофонный и мультимикрофонный.***

***Двухмикрофонный*** способ, производится двумя микрофонами, которые обычно располагают над установкой «overhead». Такой способ практикуется в случае, когда надо получить максимально естественное звучание установки.

При ***трехмикрофонном*** способе к двум верхним микрофонам добавляют еще один, обычно для бас-барабана, но в некоторых случаях для малого барабана.

Способ, в котором для записи установки применяется более трех микрофонов, называется ***мультимикрофонным.***

Рассмотрим специфику записи основных ударных инструментов.

### ***Бас-барабан***

Для записи бас-барабана рекомендуется использовать динамические микрофоны с большой мембраной: AKG D 112, D 12 E и Sennheiser MD 421. Также рекомендуются Electro-Voice RE 20, Shure SM 7, Beyerdynamic TG-X 50 и Audio-Technica ATM 25. Иногда для записи бас-барабана используют два микрофона.

Причем рекомендуется применять микрофоны, звучащие по-разному. Например, обладающий агрессивным звучанием динамический микрофон Sennheiser 421 (его для подчеркивания атаки направляют на место удара) и звучащий тепло конденсаторный (обычно Neumann U 47) на расстоянии 2–3 метра от передней части (противоположной ударному пластику) барабана для получения в звучании «воздуха». Микшируя сигналы этих микрофонов, можно найти нужный баланс между атакой и резонансом барабана.

### ***Малый барабан***

При записи малого барабана рекомендуется использовать динамические микрофоны вокального типа. Подобными качествами обладают микрофоны Shure Beta 57 и Beta 58, представители серий вокальных микрофонов N/Dym фирмы Electro-Voice и D фирмы Audix. Микрофоны серий Они обладают сходными характеристиками и звучанием, и поэтому годится любой из них. Кроме того, для записи малого барабана хороши лучшие вокальные динамические микрофоны производства компаний Beyers, AKG и Sennheiser. Очень часто в качестве такого микрофона выступает Shure SM 57. Микрофон устанавливается над малым барабаном, в четырех-пяти сантиметрах от пластика, под углом к нему.

Для получения более яркого звука, его снимают конденсаторным микрофоном с малой мембраной или устанавливают такой микрофон в качестве дополнительного под малым барабаном. Основным тогда является установленный сверху динамический. Всякий раз, когда вы снимаете звук барабана двумя микрофонами, пробуйте включать микрофоны в противофазе, это может улучшить звучание.

### ***Томы***

При записи томов рекомендуется использовать средние и большие динамические микрофоны, хотя часто используются и Sennheiser 421, 409 и, конечно, Shure SM 57. Много поклонников имеют также Electro-Voice N/D 308 и N/D 408 из-за присущего этим микрофонам хорошего звучания, небольших размеров и удобной конструкции. Некоторые инженеры любят использовать дорогие большие конденсаторные микрофоны (особенной популярностью

пользуется Neumann U 87). Другие же идут иным путем, применяя маленькие конденсаторные микрофоны, типа AKG C 408, Shure SM 98 и Audio-Technica АТМ 35. Эти микрофоны имеет хорошие характеристики и звучание. Расстояние микрофона от пластика варьируется. Направив микрофон между двумя соседними томами, вы можете довольно прилично записать оба, при этом сократив необходимое количество микрофонов.

Иногда микрофоны устанавливают внутрь барабанов. Фирма May выпускает комплект крепежей, с помощью которых можно, не просверлив ни одного дополнительного отверстия (используются уже имеющиеся отверстия), установить внутрь бас-барабана, малого барабана и каждого тома свой микрофон.

### ***Хай-хет***

Применяются конденсаторные микрофоны с малой мембраной. Их очень хорошие динамические характеристики и прекрасная передача самых высоких частот дает искрящийся звук, что в звучании хай-хета едва ли не самое главное. Рекомендуются к использованию следующие микрофоны: Neumann KM 84 и KM 184, AKG 451, 452 и 460, также как Shure SM 81, Audio-Technica 4031 и 4051. Для начала установите микрофон в 10—20 см над верхней тарелкой, под углом к ней. Послушайте, как во время игры микрофон передает нюансы звучания (как он снимает игру по краю, ближе к средней части, звук открытого хай-хета, закрытого и т.д.).

### ***Верхние микрофоны (overhead)***

Имеет значение то, для чего используются верхние микрофоны: для записи всей установки или только для тарелок. Если для тарелок, то используете конденсаторные микрофоны с малой мембраной, типа тех, которые рекомендуются для хай-хета. Для того, чтобы снять звук всей ударной установки, большинство инженеров используют конденсаторные микрофоны с большой мембраной. Для этой цели, конечно, хорош классический ламповый микрофон AKG C 12. Neumann U 87 приблизительно также популярен, как и AKG C 414. Также можно использовать новый микрофон AKG C 414 TL II, который создавался для того, чтобы звучать подобно C 12, но по цене укладываться в малую

часть стоимости С 12. Audio-Technica АТ 4030, АТ 4050 и Neumann TLM 193 тоже подходят, как, впрочем, и почти любой студийный конденсаторный микрофон с большой мембраной. Микрофоны рекомендуется размещать над установкой под углом друг к другу от 75 до 135 градусов. Существуют два классических положения верхних микрофонов при стереозаписи. Положение X, при котором оси микрофонов пересекаются (левый микрофон смотрит на правую тарелку, а правый на левую) и положение Y (левый микрофон смотрит на левую тарелку, а правый на правую). При этом микрофоны располагаются рядом друг с другом. Подобное размещение дает хорошую позицию в панораме и помогает избежать противофазы.

### ***Микрофоны общего плана***

Если вы записываете ударные в хорошо звучащем помещении, никогда не повредит установка пары микрофонов общего плана, чтобы с их помощью снимать акустику помещения и добавлять ее к звуку собственно установки. Для этой цели предпочитают большие конденсаторные микрофоны (также как для верхних микрофонов).

### ***Динамическая обработка***

Используя приборы динамической обработки (гейт, компрессор, экспандер, лимитер) можно очень серьезно влиять на звучание ударных. Если инструменты не «разделить», то приличного результата добиться не удастся. В большинстве же случаев проникновение вреда не приносит. Ударная установка — единый инструмент.

Применение компрессора позволяет сделать звучание барабана более плотным. Крайне желательно использование лимитера, который не даст уровню подняться выше заданного. С распространением нестойкой к перегрузкам цифровой звукозаписывающей техники без лимитера обойтись очень сложно.

Если не удалось получить приличного звучания установки, тогда барабаны помимо микрофонов часто снабжают акустическими триггерами, включенными в MIDI конвертер, который в свою очередь подключается к звуковому модулю или семплеру. В результате удар по барабану преобразуется в MIDI сигнал, запус-

кающий нужный вам звук, что превращает живую установку в комбинированную акустически-электронную. Таким образом, можно в любых пропорциях смешивать звук живых барабанов с электронным, а при наличии семплера, и вообще практически с любым звуком. Возможности подобных систем очень широки и, как правило, используются как в студиях, так и на концертах.

## **ТЕМА 19. Запись акустических, электрических и бас-гитар**

### ***Источник звука***

Как всегда, лучшую запись можно получить в том случае, когда хорош сам источник звука и акустическое пространство, в котором происходит запись (если используются микрофоны).

В отличие от акустической гитары, при записи электро- и бас-гитар звучание инструмента определяет сочетание самой гитары и усилителя, а также используемой гитаристом обработки.

Так как наилучший звук усилителя получается при достаточной громкости, не рекомендуем помещать его в аппаратной.

### ***Предусилитель и D-box***

Самый простой способ записи электрических инструментов – подключить их непосредственно в пульт, так называемая «запись в линию». Этот способ, применять рекомендуется только в особых случаях. Намного лучший вариант – запись через предусилитель или устройство прямого подключения (Direct Inject box). Советуем использовать только активные D-box [8].

### ***Микрофон***

Есть некоторые стандартные позиции микрофонов относительно источников звука, однако гитары позволяют вам намного больше возможностей экспериментировать с их расположением. Так, хотя акустическую гитару чаще всего записывают, располагая микрофон перед ней, ничто не мешает вам попробовать установить микрофон сверху за гитаристом, ведь это именно тот звук, который слышит исполнитель.

Не следует размещать микрофон слишком близко к источнику звука. Микрофон, размещенный на расстоянии, принимает более естественный звук. Для акустических инструментов попробуйте для начала расположить микрофон на таком расстоянии от инструмента, которое равно длине самого инструмента. Если вы записываете несколько инструментов, каждый своим микрофоном, старайтесь соблюдать правило «3:1». Оно гласит, что расстояние между микрофонами должно быть как минимум в три раза больше, чем расстояние от микрофона до источника звука. Именно проникновение звука в другие микрофоны является основной проблемой при записи в помещении с малыми размерами.

### *Акустическая гитара*

Для этого инструмента характерен широкий диапазон производимых им частот. Поэтому лучше использовать конденсаторный микрофон. Чаще всего микрофон направляют на середину между местом соединения грифа с корпусом и резонирующим отверстием. Направление непосредственно на отверстие в корпусе приводит к излишне гулкому звучанию.

При записи двумя микрофонами попробуйте установить второй со стороны правой руки исполнителя, на линии продолжения гитарного грифа. Расстояние от него до гитары должно быть таким же, как и у первого микрофона.

### *Электрогитара*

Хотя наилучший звук можно получить при записи с усилителя (комбо-усилителя), в условиях небольшой студии такой способ иногда вызывает больше проблем, чем решает. Это проникновение между микрофонами, или недостаточное качество самих гитарных усилителей.

Поэтому достаточно часто используются имитаторы усилителей и комбо, так называемые спикосимуляторы, которые не только позволяют вам подключить гитару непосредственно к линейному входу (как и D-box), но и пытаются имитировать звучание, возникающее при употреблении связки комбо — микрофон. Популярные модели подобных устройств (Tech 21 SansAmp PSA 1 и DigiTech GSP 2001).

Одно из самых больших воздействий на звук при записи с комбо-усилителя оказывает расположение микрофона. Только экспериментирование позволит вам выбрать оптимальное место, но для начала установите микрофон в 20–30 см от комбо, слегка под углом и направьте его на один из динамиков. Часто используются микрофоны моделей Shure SM 57 или Electro-Voice RE 20. Для передачи акустики помещения можно метрах в двух от источника звука установить конденсаторный микрофон, например, AKG C 414. Нередко этот микрофон направляют в сторону от комбо.

### ***Бас-гитара***

В процессе студийной записи бас-гитара получает обычно меньше всего внимания. А ведь именно она составляет как ритмическую (вместе с барабанами), так и гармоническую основу записываемого произведения.

Если ваша цель – мощный роковый звук, то надо писать с комбо, причем лучше использовать специализированный микрофон (обычно это те же модели, что применяются при записи бас-барабана), например, AKG D 112. Нередко используются Electro-Voice RE 20 и Sennheiser MD 421. Для начала можно направить микрофон в середину между центром и краем одного из динамиков. Для эффекта акустики помещения можно установить конденсаторный микрофон в нескольких метрах от усилителя.

При отсутствии возможности записать с комбо используйте устройства прямого подключения или предварительные усилители. Для получения мощного звука хорошо применять ламповую технику, например, предусилитель или компрессор [4]. Существуют также ламповые устройства прямого подключения.

Компрессирование часто используется для получения более ровного звука баса. Однако некоторые специалисты предпочитают некомпрессированный сигнал. Все зависит от исполнителя и инструмента, если громкость прыгает на разных струнах и нотах, то звук можно подровнять компрессором. В случае ровного исполнения достаточно лимитировать пики сигнала для предотвращения перегрузки.

## ТЕМА 20. Техника сведения фонограммы

Удачное сведение (микширование) музыкального материала – 70% успеха финальной фонограммы. Обратите внимание на прозрачность и четкость звучания музыкальных партий [2].

### *Первоначальный материал*

Для сольных партий (гитара, ритм-гитара, бас, саксофон и прочее) желательно, чтобы звук уже на записи имел нужную частотную характеристику, проще говоря, был отстроен эквалайзером. Запись фонограммы прямо с синтезатора не предполагает первоначальную отстройку эквалайзером. Это можно сделать и потом, ведь основной музыкальный трек будет всего один. Сольные треки гораздо легче поддаются обработке, эквализации, ограничению и всему прочему. А все огрехи будут незаметны.

### *О звуковых картах и акустике*

Акустическая система, в которую вы производите сведение, помимо громкости должна иметь только два регулятора — НЧ и ВЧ. Акустические мониторы должны быть предназначены именно для сведения фонограмм, а не для прослушивания MP3 музыки. Они должны удовлетворять как минимум следующим требованиям: низкие от 80 Гц и ниже, высокие от 14.5 кГц и выше. Причем на басы следует всегда обращать более пристальное внимание, ведь именно с ними случается наибольшее количество огрехов. Чаще всего, когда акустика не воспроизводит достаточное количество басов, возникает желание добавить их, отсюда – несбалансированное их содержание в финальной фонограмме.

Влияние уровня звуковой карты на процесс сведения очевидно. Необходимо сделать собственный выбор из соотношения цена/качество.

### *О наушниках*

Наушники очень важны. Если они будут сильно исказить звук (а как правило разброс параметров обычных, да и не только обычных наушников, весьма велик), то в результате фонограмма не будет звучать в обычных акустических системах. Лучше сводить в не очень хорошие колонки, чем в якобы хорошо



звучащие наушники. Происходит это потому, что ухо человека – весьма тонкий аппарат, и если грузить его направленным звуковым давлением (как в случае с наушниками), оно может дать обманчивые впечатления, поскольку при переизбытке или недостатке тех или иных частот ухо просто «подстроится».

### ***О частотах***

Перед сведением все треки надо отстроить по частотам. Поговорим о диапазонах. Диапазон частот до 200–250 Гц – нормальные басы, с ними надо обращаться осторожно и не перебарщивать, поскольку ими легко вызвать перегрузку. Диапазон частот в районе 300 Гц звучит «глухо» и возникает желание добавить высоких частот. Диапазон частот примерно от 1 кГц до 3,5 кГц – средние частоты. От 4 до 10 кГц располагается то, что можно назвать «высокими частотами», по крайней мере, они уже так воспринимаются. Диапазон от 7 до 8 кГц — весьма критическая полоса частот. Как правило, в ней находится пик «восприимчивости» акустических систем, и обычно в этом диапазоне работают «деэссеры» (de-esser) – приборы для устранения перегрузок буквы «с» на треках вокала. Выше 10 кГц располагается нечто, что «добавляет воздух» в фонограмму. Подавляющее большинство людей не слышат частоты выше 13–14 кГц.

### ***Сведение треков***

Треки готовы, очищены, и отстроены по частотам. Самые главные партии – это ударные, бас и ритм-секция. Их правильный баланс решает практически все. Впрочем, то же самое касается подавляющего большинства стилей. Басы и ударные должны звучать четко и не мешать друг другу, а ритм-секция – подчеркивать хорошо сведенные ударные и басы.

Сводить треки нужно поочередно, после каждого нового трека слушать композицию еще раз и корректировать уже выстроенные треки [4].

## **ТЕМА 21. Мастеринг фонограммы**

***Мастеринг*** – это процесс, где запись обретает полноту качества и глубинную звучания. Опытные мастеринг-инженеры, используя специализированный

инструментарий, доводят каждый проект до максимально возможного уровня качества. Мастеринг является промежуточным шагом между сведением и тиражированием. Каждый проект, попадая в мастеринг-студию, критически оценивается на самых высококачественных и прецизионных системах мониторинга. Становятся видны любые, пусть даже самые малозаметные дефекты в звуке. Записи подвергаются тщательной обработке, чтобы сделать звучание проекта более крупным, теплым, прозрачным, глубоким, более естественным [2, 3, 7].

### ***Плагины (Plug-ins), пригодные для мастеринга***

iZotope Ozone 3 – плагин, имеющий огромное количество пресетов. Нужно прислушиваться к опыту звукорежиссеров, создававших их.

Ultrafunk fx:compressor – очень простой компрессор из серии плагинов Ultrafunk fx. Есть несколько пресетов по основным инструментам (голос, синтезаторы, гитары, бас), но очень удобный интерфейс без труда позволит в точности добиться желаемого результата.

Waves RCL – неплохой компрессор, эмулирующий некоторые ламповые модели. Количество пресетов позволяет обойтись при записи стандартным набором, не ломая голову над возможными вариантами компрессии.

Ultrafunk fx:multiband – тоже компрессор, но совмещенный с эквалайзером. Очень полезная вещь для бас-гитары и ударных инструментов.

Ultrafunk fx:reverb – пожалуй, самый естественный ревербератор. Пресетов не много, но здесь лучше пользоваться возможностями самостоятельно.

Ultrafunk fx:gate – стоит использовать такого для устранения шума в паузах.

Steinberg DeNoiser – один из самых распространенных плагинов. Он прост, и поэтому очень полезен при очистке файлов.

Waves L1 ultramaximizer+ – актуальная для компьютерной музыки разработка. Конечно, вы замечали, что ваша композиция звучит намного тише коммерческой, профессионально записанной. Дело в грамотном использовании компрессоров. Этот плагин, тоже являющийся в своем роде компрессором ограниченных возможностей, совмещенным с лимитером,

увеличивает уровень громкости, доводя звук до максимально возможного без значительного повреждения основных частотных характеристик результата.

T-RackS 24 – эмулятор ламповых устройства для мастеринга: отдел эквалайзера, компрессора и лимитера, поставляются как отдельные программы. Многие отмечают непревзойденную в компьютерном звуке особую мягкость и теплоту аналогового звучания.

#### ***Стадии мастеринга:***

- устранение возможных щелчков, скрипов, шипения и шума;
- определение динамики;
- прозрачное лимитирование;
- выравнивание и расширение стереобазы;
- многополосная компрессия;
- динамическая эквализация (ламповое утепление);
- добавление верхних гармонических составляющих;
- добавление громкости и выравнивание.

Для удобства можно разделить мастеринг на три этапа:

- динамическая;
- тембровая коррекция;
- финализация (придание материалу схожего единообразного звучания).

## **Тема 22. Технология изготовления компакт-дисков**

### ***Премастеринг***

В студии происходит обработка фонограмм: редактирование, перенос данных из формата DAT и Exabyte в U-matik. Студия укомплектована профессиональной аппаратурой фирм Sony и Philips [2, 4].

Для дисков CD-ROM проводится проверка структуры данных на соответствие стандарту, при необходимости вносятся исправления и производится перенос на носитель, пригодный для мастеринга.

### ***Контроль качества***

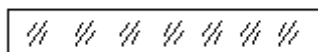
В начале цепочки контроля качества находится участок входного контроля мастер-дисков. Все поступающие на завод мастер-диски проходят обязательную проверку на специальном тестере читаемости (playability tester), чтобы заранее обнаружить диски, которые по своим качественным показателям не могут быть использованы на этапе изготовления матрицы.

Мастер-диски, получившие оценку «отлично», передаются на участок мастеринга, где производится перенос информации с диска на матрицу. Контроль качества на участке мастеринга осуществляется в течение всего цикла изготовления матрицы – рабочего инструмента для изготовления компакт-диска. В частности, устройство считывания информации с мастер-диска оборудовано специальной электронной схемой, фиксирующей малейшие ошибки, которые могут произойти при считывании. Отсутствие ошибок на специальном счетчике по завершении сеанса записи гарантирует заказчику, что матрица является точной структурной и информационной копией мастер-диска.

По завершении контроля качества матрица поступает на участок репликации, где осуществляется тиражирование компакт-дисков на специальных репликационных линиях. Все репликационные линии оснащены встроенными оптическими тестерами фирмы Dr. Schenk, которые контролируют оптические параметры каждого компакт-диска изготавливаемого тиража.

Рассмотрим основные этапы производства и тиражирования дисков.

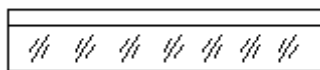
### ***Изготовление матрицы***



*Рис. 22.1. Заготовка матрицы*

Для изготовления матрицы используется стеклянный диск из полированного стекла, обработанный с высокой точностью.

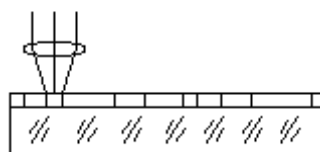
## ***Нанесение фоторезиста***



*Рис. 22.2. Нанесение фоторезиста*

Поверхность стеклянного диска покрывают равномерным слоем светочувствительного материала (фоторезиста). Толщина слоя соответствует глубине питов.

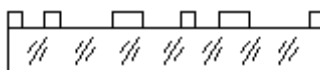
## ***Запись лучом лазера***



*Рис. 22.3. Запись лучом лазера*

Луч лазера, модулируемый цифровым сигналом, фокусируется на поверхности вращающегося диска. Перемещение луча в радиальном направлении обеспечивает шаг между витками спиральной дорожки, равный 1,57 мкм.

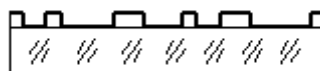
## ***Проявление***



*Рис 22.4. Проявление фоторезиста*

Проявление слоя фоторезиста специальными растворами обеспечивает формирование питов.

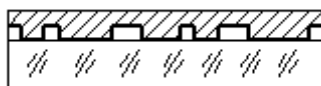
## ***Химическая металлизация***



*Рис. 22.5. Химическая металлизация*

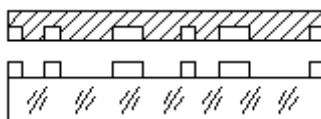
В специальных растворах диск покрывается тонким слоем никеля, необходимым для создания электропроводного слоя.

## ***Гальванопластика***



*Рис. 22.6. Гальванопластика*

## ***Отделение матрицы***



*Рис. 22.7. Отделение матрицы*

Никелевый слой отделяется от стеклянного диска и отмывается от остатков фоторезиста. Информационная сторона защищается лаком. Обратная сторона матрицы шлифуется. Далее вырубается центральное отверстие и обрубается наружный край. Проводится контроль электрических и механических параметров.

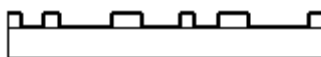
## ***Инжекционное литье***



*Рис.22.8. Инжекционное литье*

Расплавленный поликарбонат подается в пресс-форму под высоким давлением. Давление необходимо для качественного формирования литов.

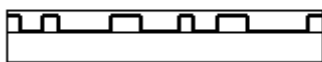
## ***Напыление алюминия***



*Рис. 22.9. Напыление алюминия*

Для обеспечения высокой отражающей способности на диск наносят тонкий слой алюминия. Для этого используется метод электровакуумного напыления.

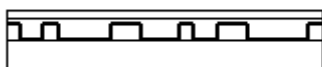
## ***Защитное лакирование***



*Рис. 22.10. Лакирование*

Для защиты отражающего слоя от окисления и механических повреждений на диск наносится тонкий прозрачный слой защитного лака. Используется метод центрифугирования с последующей сушкой ультрафиолетом.

## ***Нанесение лейбла***



*Рис. 22.11. Нанесение лейбла*

На защитный слой лака наносится лейбл методами сеткографии или офсетной печати.

## ***Упаковка***

Последняя стадия – упаковка и целлофанирование готовых дисков. После визуального контроля качества лейбла диски укладываются в коробки вместе с буклетами и затягиваются в термоусадочную пленку.

## II. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1. Тематика практических занятий

1. Микрофоны – основное средство записи. Типы и виды микрофонов.  
Запись звука с их помощью
2. Средства усиления и предварительного усиления. Уровень записи.  
Передача сигнала.
3. Принцип записи звукового материала. Коммутационное оборудование.
4. Понятие «студия звукозаписи». Естественные студии. Специализированные студии. Конструктивные отличия и особенности студий. Аппаратная комната. Оборудование студии.
5. Понятие о динамике звука. Приборы динамической обработки.
6. Компрессия сигнала.
7. Усиление.
8. Эквиализация.
9. FX-обработки.
10. Направленность процесса записи.
11. Цели записи. Типы записи.
12. Условия выбора места для произведения записи.
13. Запись голоса. Запись музыкальных инструментов.
14. Запись шумов природы.
15. Запись специальных эффектов.
16. Запись музыкальных семплов.
17. Многоканальная запись.
18. Особенности записи различных музыкальных инструментов.
19. Особенности записи различных семейств и групп музыкальных инструментов.
20. Запись ударных инструментов.
21. Запись контрабаса, бас-гитары и гитары.
22. Запись струнных смычковых инструментов.
23. Запись духовых инструментов.



24. Клавишные инструменты.

25. Запись вокала.

26. Аналоговый тип записи.

27. Цифровой тип записи. Устройства записи.

28. Принцип передискретизации. Преобразование сигнала. Преимущества и недостатки этих типов записи.

29. Эволюция носителей звуковой информации. Аналоговые носители звуковой информации. Цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя.

30. Твердотельные накопители и их свойства. Разновидности устройств, принцип их работы, долговечность использования. Область применения.

31. Звуковоспроизведение как обратный процесс записи и конечный результат работы.

32. Оборудование и коммутация. Устройства воспроизведения

## III. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 3.1. Список вопросов к экзамену

1. Предмет изучения. Исторические сведения об эволюции процесса звукозаписи и воспроизведения звука.
2. Дополнительное оборудование звукозаписи: приборы динамической обработки звука, виды, их характеристики.
3. Оборудование для записи звука. Микрофоны – основное средство записи звука. Устройство и характеристики.
4. Запись голоса, речи, вокала.
5. Конденсаторные микрофоны, их характеристики, применение.
6. Особенности записи различных семейств музыкальных инструментов.
7. Динамические микрофоны их характеристики, применение.
8. Запись ударных инструментов.
9. Дополнительное оборудование звукозаписи: средства предварительного усиления сигнала, виды, их характеристики.
10. Эквиализация в процессе записи звука.
11. Процесс сведения звукозаписи. Стадии процесса.
12. Понятие о стереобазе записи и приборы ее контроля.
13. Записывающие устройства. Магнитофоны, виды и типы магнитофонов.
14. Запись бас-гитары.
15. Дополнительное оборудование звукозаписи: средства обработки сигнала, виды, их характеристики.
16. Запись акустической и электрогитары.
17. Понятие «студия звукозаписи».
18. Запись духовых инструментов.
19. Естественные студии звукозаписи.
20. Запись струнных смычковых инструментов.
21. Специализированные студии звукозаписи.
22. Запись шумов природы.
23. Конструктивные особенности студий звукозаписи.

24. Запись музыкальных сэмплов.
25. Аппаратная комната, микрофонная комната, их оборудование.
26. Дополнительное оборудование звукозаписи: средства передачи и коммутации сигнала, виды, их характеристики.
27. Параметры цифровой записи звука: частота дискретизации, битность, АЦП.
28. Аудионосители. Винил. Свойства и характеристики.
29. Параметры цифровой записи звука: частота дискретизации, битность, ЦАП.
30. Аудионосители. Магнитная лента. Свойства и характеристики.
31. Процесс звукозаписи, виды записи, условия выбора места проведения записи.
32. Многоканальная запись звука.
33. Регулировки при звукозаписи, их виды и применение.
34. Аналоговый тип записи звука, устройства записи.
35. Цифровой тип записи, устройства записи. Преимущества и недостатки этих видов звукозаписи.
36. Понятие «трекинг», технология процесса.
37. Эволюция носителей звуковой информации.
38. Аналоговые носители звуковой информации. Виды, характеристики.
39. Цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя звука.
40. Измерения при звукозаписи, виды, их назначение.
41. Звуковоспроизведение как обратный процесс записи и конечный результат работы.
42. Система контроля процесса звукозаписи, устройства, требования к ним.
43. Устройства воспроизведения звука, оборудование и коммутация.
44. Студийные мониторы, виды и назначение.

45. Компьютер, как устройство записи звука, технология записи и обработки звуковой информации на РС.

46. Искажения при звукозаписи (динамические, частотные, фазовые), причины, способы устранения.

47. Твердотельные носители звука. Свойства и характеристики.

48. Технология изготовления компакт-диска (CD).

49. Хард-диск как носитель аудиоинформации. Свойства и характеристики.

50. Процесс мастеринга звукозаписи. Назначение и основные стадии.

## IV. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1. Программа учебного курса

#### Пояснительная записка

Звукозапись – важнейший процесс создания и тиражирования музыки. Со времени открытия различных способов записи аудиоинформации, она претерпел огромные изменения. От знания процессов записи и квалифицированного подхода в выборе способа и оборудования для записи во многом зависит достижение желаемого результата. В процессе обучения студенты изучают исторические аспекты развития оборудования для записи, получают полное представление обо все ее типах. Глубоко изучат современные способы и оборудование для записи.

**Цель дисциплины** – приобретение знаний в области компьютерной музыки при записи аудиоматериала современными методами.

#### **Задачи дисциплины:**

развить комплекс умений и навыков самостоятельной работы в области современной звукозаписи;

приобрести знания о современном звукозаписывающем оборудовании, его возможностях и сфере применения;

усвоить основные принципы и возможности современной звукозаписи, его цели и задачи в творческом процессе создания музыкального произведения.

В результате изучения дисциплины студент обязан

#### **знать:**

принципы, устройство и функционирование устройств звукозаписи;

аналоговые и цифровые устройства звукозаписи;

требования к компьютерному оборудованию в соответствии с различными профессиональными задачами звукозаписи, решаемыми с помощью компьютера;

принципы представления музыкальной информации в компьютере;

основные классы музыкального программного обеспечения и назначение программ этого класса;

**уметь:**

квалифицированно выбрать вид типа звукозаписи, необходимого для решения конкретной задачи в области музыки;

производить звукозапись музыкального произведения при помощи виртуальных студий;

создавать партии виртуальных музыкальных инструментов с помощью средств компьютерной музыки;

применять при создании или исполнении музыкального произведения технологии записи звука синтеза и его обработки;

работать с помощью звуковых редакторов;

**владеть:**

современными навыками и способами звукозаписи;

аналоговым и цифровым оборудованием звукозаписи;

современным студийным оборудованием записи звука.

Освоение дисциплины «Звукозаписывающее оборудование» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

*академических компетенций:*

АК-1. Уметь использовать базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-5. Быть способным генерировать новые идеи (владеть креативностью);

АК-9. Уметь учиться, самостоятельно повышать свою квалификацию на протяжении всей жизни;

*социально-личностных компетенций:*

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;

СЛК-6. Уметь работать в коллективе;

*профессиональных компетенций:*

ПК-4. Создавать компьютерные аранжировки музыкальных произведений в разных формах, жанрах и стилях академической, джазовой, рок- и поп-музыки для музыкальных коллективов разных творческих направлений;

ПК-8. Преподавать специальные дисциплины, изучать передовой педагогический и исполнительский опыт, творчески использовать его в своей педагогической деятельности;

ПК-17. Сотрудничать со специалистами других творческих профессий – композиторами, художниками, участниками постановочной группы.

Курс рассчитан на 122 часа, из них 64 часа аудиторных занятий – для дневной (очной) формы получения высшего образования;

14 часов аудиторных занятий – для заочной формы получения высшего образования.

По семестрам занятия распределяются следующим образом:

для очной формы получения образования:

6 семестр – 8 часов лекций и 24 часа практических занятий;

7 семестр – 6 часов лекций и 26 часов практических занятий.

Для заочной формы получения образования:

6 семестр – 2 часа лекции, 8 часов практических занятий;

7 семестр – 4 часа практических занятий.

Формами текущей аттестации являются:

для очной формы получения образования – экзамен в 7 семестре;

для заочной формы – экзамен в 8 семестре.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## **Тема 1. Введение в предмет**

Предмет изучения. Обзор тем. Исторические сведения о процессе записи и воспроизведения звука.

## **Тема 2. Оборудование для записи**

Микрофоны – основное средство записи. Типы и виды микрофонов. Средства усиления и предварительного усиления. Уровень записи. Передача сигнала.

## **Тема 3. Записывающие устройства**

Магнитофоны, виды и типы магнитофонов. Другие устройства записи. Технические характеристики устройств записи. Компьютер, как устройство записи. Цифровые устройства записи.

Принцип записи звукового материала. Коммутационное оборудование.

## **Тема 4. Студии звукозаписи**

Понятие «студия звукозаписи». Естественные студии. Специализированные студии. Конструктивные отличия и особенности студий. Аппаратная комната. Оборудование студии.

## **Тема 5. Дополнительное оборудование**

Понятие о динамике звука. Приборы динамической обработки. Компрессия сигнала. Усиление. Эквиализация. FX-обработки. Направленность процесса записи.

## **Тема 6. Процесс звукозаписи**

Цели записи. Типы записи. Условия выбора места для производства записи. Запись голоса. Запись музыкальных инструментов. Запись шумов природы.



Запись специальных эффектов. Запись музыкальных семплов. Многоканальная запись. Особенности записи различных музыкальных инструментов.

### **Тема 7. Запись музыкальных инструментов**

Особенности записи различных семейств и групп музыкальных инструментов. Запись ударных инструментов. Запись контрабаса, бас-гитары и гитары. Запись струнных смычковых инструментов. Запись духовых инструментов. Клавишные инструменты. Запись вокала.

### **Тема 8. Цифровая и аналоговая запись**

Аналоговый тип записи. Цифровой тип записи. Устройства записи. Принцип передискретизации. Преобразование сигнала. Преимущества и недостатки этих типов записи.

### **Тема 9. Носители информации**

Эволюция носителей звуковой информации. Аналоговые носители звуковой информации. Цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя.

### **Тема 10. Твердотельные накопители и их свойства**

Разновидности устройств, принцип их работы, долговечность использования. Область применения.

### **Тема 11. Звуковоспроизведение**

Звуковоспроизведение как обратный процесс записи. Звуковоспроизведение как конечный результат работы. Оборудование и коммутация. Устройства воспроизведения.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**  
для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Самостоятельная работа	Литература
		Лекции	практические занятия		
1	2	3	4	5	6
<b>6 семестр</b>					
1	Введение. Предмет изучения. Обзор тем. Исторические сведения о процессе записи и воспроизведения звука	1			1; 7; 13; 14; 15; 18; 19; 23
2	Оборудование для записи. Микрофоны – основное средство записи. Типы и виды микрофонов. Средства усиления и предварительного усиления	2	4	1	3; 11; 14; 22; 23
3	Записывающие устройства. Магнитофоны, виды и типы магнитофонов. Другие устройства записи. Технические характеристики устройств записи. Компьютер, как устройство записи. Цифровые устройства записи	1	4	1	4; 6; 10; 16; 20
4	Понятие «студия звукозаписи». Естественные студии. Специализированные студии. Конструктивные отличия и особенности студий. Аппаратная комната.	1	4	1	3; 16; 19; 23
5	Дополнительное оборудование. Понятие о динамике звука. Приборы динамической обработки. Компрессия сигнала. Усиление. Эквализация. FX-обработок	1	4	1	6; 20; 24

6	Процесс звукозаписи. Цели записи. Типы записи. Условия выбора места для произведения записи. Запись голоса. Запись музыкальных инструментов. Запись шумов природы. Запись специальных эффектов. Запись музыкальных семплов. Многоканальная запись	1	4	1	2; 6; 9; 18; 22
7	Особенности записи различных семейств и групп музыкальных инструментов. Запись ударных инструментов. Запись вокала.	1	4	1	22; 23;11
7 семестр					
8	Аналоговый тип записи. Цифровой тип записи. Устройства записи. Преобразование сигнала. Преимущества и недостатки этих типов записи	2	6	1	2; 6; 9; 18; 22
9	Носители информации. Эволюция носителей звуковой информации. Аналоговые и цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя	2	6	1	6; 20; 23
10	Твердотельные накопители и их свойства. Разновидности, принцип работы, долговечность использования. Область применения	1	6	1	16; 19; 23
11	Звуковоспроизведение как обратный процесс записи. Звуковоспроизведение как конечный результат работы. Оборудование и коммутация	1	8	2	2; 6; 9; 18; 22
	Подготовка к экзамену			36	
	Всего - 122 (+экзамен)	14	50	22	

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**  
для заочной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Литература
		Лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5
<b>6 семестр</b>				
1	Введение. Предмет изучения. Обзор тем. Исторические сведения о процессе записи и воспроизведения звука			2; 6; 9; 18; 22
2	Оборудование для записи. Микрофоны — основное средство записи. Типы и виды микрофонов. Средства усиления и предварительного усиления.	1	1	22; 23; 11
3	Записывающие устройства. Магнитофоны, виды и типы магнитофонов. Другие устройства записи. Технические характеристики устройств записи. Компьютер, как устройство записи. Цифровые устройства записи	1	1	4; 6; 10; 16; 20
4	Понятие «студия звукозаписи». Естественные студии. Специализированные студии. Конструктивные отличия и особенности студий. Аппаратная комната.		1	2; 6; 9; 18; 22

5	Процесс звукозаписи. Цели записи. Типы записи. Условия выбора места для произведения записи. Запись голоса. Запись музыкальных инструментов. Запись шумов природы. Запись специальных эффектов. Запись музыкальных семплов. Многоканальная запись		1	6; 20; 23
6	Особенности записи различных семейств и групп музыкальных инструментов. Запись ударных инструментов. Запись вокала.		1	16; 19; 23;24
7 семестр				
7	Аналоговый тип записи. Цифровой тип записи. Устройства записи. Преобразование сигнала. Преимущества и недостатки этих типов записи		1	22; 23;11
8	Носители информации. Эволюция носителей звуковой информации. Аналоговые и цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя			2; 6; 9; 18; 22; 24
9	Твердотельные накопители и их свойства. Разновидности, принцип работы, долговечность использования. Область применения		1	2; 6; 9; 18; 22
10	Звуковоспроизведение как обратный процесс записи. Звуковоспроизведение как конечный результат работы. Оборудование и коммутация	2	1	6; 20; 23
8 семестр				
	Экзамен			
	Всего	2	12	

## 4.2 Требования к самостоятельной работе студентов

№	Название раздела, темы	К-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения Список литературы см. в учебно-методич. карте	Цель или задача СРС
1	Введение. Предмет изучения. Обзор тем. Исторические сведения о процессе записи и воспроизведения звука	4	Проработать литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить основные теоретические понятия
2	Оборудование для записи.	4	Изучение данной темы	Работа с литературой	Расширенное усвоение учебного материала
3	Записывающие устройства. Магнитофоны, виды и типы магнитофонов. Другие устройства записи. Технические характеристики устройств записи. Компьютер, как устройство записи. Цифровые устройства записи	6	Изучение данной темы	Проработка литературы работы с устройствами	Расширенное изучение темы и получение практических навыков
4	Понятие «студия звукозаписи». Естественные студии. Специализированные студии. Конструктивные отличия и особенности студий. Аппаратная комната.	6	Изучение оборудования студии звукозаписи	Работа с учебным оборудованием	Получение практических навыков в работе в студии звукозапст
5	Дополнительное оборудование звукозаписи. Понятие о динамике звука. Приборы динамической обработки. Компрессия сигнала. Усиление. Эквализация. FX-обработки	4	Изучение данного оборудования	Работа с учебным оборудованием	Получение практических навыков в работе в студии звукозапст

6	Процесс звукозаписи. Цели записи. Типы записи. Условия выбора места для произведения записи. Запись голоса. Запись музыкальных инструментов. Запись шумов природы. Запись специальных эффектов. Запись музыкальных семплов. Многоканальная запись	6	Изучение данной темы	Проработка литературы	Расширенное усвоение учебного материала и практические навыки
7	Особенности записи различных семейств и групп музыкальных инструментов. Запись ударных инструментов. Запись вокала.	6	Изучение данной темы	Работа с литературой	Расширенное усвоение учебного материала и практические навыки
8	Аналоговый тип записи. Цифровой тип записи. Устройства записи. Преобразование сигнала. Преимущества и недостатки этих типов записи	6	Изучение данной темы	Работа с литературой	Расширенное изучение темы и практическое изучение темы
9	Носители информации. Эволюция носителей звуковой информации. Аналоговые и цифровые носители звуковой информации. Методология выбора типа носителя	6	Изучение данной темы	Работа с литературой	Расширенное усвоение учебного материала и практические навыки
10	Твердотельные накопители и их свойства. Разновидности, принцип работы, долговечность использования. Область применения	4	Изучение данной темы	Проработка литературы	Расширенное изучение темы

11	Звуковоспроизведение как обратный процесс записи. Звуковоспроизведение как конечный результат работы. Оборудование и коммутация	4	Изучение данного оборудования	Работа с учебным оборудованием	Выработка практических навыков
	Всего	58			



### 4.3. Список литературы

1. Меерзон, Б. Я. Основы электроакустики и магнитная запись звука / Б. Я. Меерзон. – М. : Гос. ком. по телевидению и радиовещанию, 1973. – 204 с.
2. Петелин, Р. Ю. CubaseSX 3. Запись и редактирование музыки / Р. Ю. Петелин. – СПб. : БХВПетербург, 2007. – 752 с.
3. Петелин, Р. Ю. Cakewalk SONAR. Запись песни в домашней студии / Р. Ю. Петелин. – СПб. : БХВПетербург, 2006. – 608 с.
4. Медников, В. В. Основы компьютерной музыки / В. В. Медников. – СПб. : БВХПетербург, 2002. – 269 с.
5. Загуменнов, А. П. Plugins. Встраиваемые приложения для музыкальных программ / А. П. Загуменнов. – М., : ДМК, 2000. – 58 с.
6. Петелин, Р. Ю. Steinberg Cubase 5. Запись и редактирование музыки / Р. Ю. Петелин. – СПб., БХВПетербург, 2010. - 896 с.
7. Петелин, Р. Ю. Propellerhead Reason – музыкальная студия. / Р. Ю. Петелин. – СПб. : БХВПетербург, 2006. – 224 с.
8. Медведев, Е. В. Виртуальная студия на РС: аранжировка и обработка звука / Е. В. Медведев. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 424 с.
9. Володин, А. В. Электронные музыкальные инструменты / А. В. Володин. – М. : Музыка, 1979. – 148 с.
10. Терменвокс. История // Терменцентр. Центр электроакустической музыки [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.thermin.ru> – Дата доступа: 17.02.2016.
11. Севашко, А. В. Звукорежиссура и запись фонограмм / А. В. Севашко. – М. : Альтекс, 2004. – 382 с.
12. Севашко, А. В. Звукорежиссура и запись фонограмм / А. В. Севашко. М. : Альтекс, 2004. – 382 с.
13. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры / Б. Я. Меерзон. – М. : АспектПресс, 2004. – 437 с.
14. Медников, В. М. Основы компьютерной музыки / В. М. Медников. – СПб. : БВХПетербург, 2002. – 488 с.

15. Выходец, А. В. Радиовещание и электроакустика / А. В. Выходец. М. : Радио и связь, 1989. – 512 с.
16. Загуменнов, А. П. Компьютерная обработка звука / А. П. Загуменнов. – М. : NTPress, 2004. – 512 с.
17. Ивановский, А. С. Звукозаписывающее оборудование [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2009. – 88 с.
18. Дубровский, Д. Компьютер для музыкантов / Д. Дубровский. – М. АспектПресс, 2004. – 397 с.
19. Ивановский, А. С. Музыкальные электронные модули [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2012. – 90 с.
20. Ивановский, А. С. Звукообработывающее оборудование [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2007. – 69 с.
21. Ивановский, А. С. Прикладные музыкальные программы [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2012. – 104 с.
22. Ивановский, А. С. Компьютерные технологии в музыке [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2010. – 86 с.
23. Ивановский, А. С. Основы звукорежиссуры [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов специальности 117 03 01 «Искусство эстрады». – Минск : Современные знания, 2011. – 78 с.
24. Blades, J. Percussion instruments and their history / J. Blades. – London : Bold Strummer, 1992. – 513 p.

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	3
I. Теоретический раздел .....	5
1.1. Курс лекций.....	5
II. Практический раздел .....	64
2.1. Тематика практических занятий.....	64
III. Раздел контроля знаний.....	66
3.1. Список вопросов к экзамену.....	66
IV. Вспомогательный раздел .....	69
4.1. Программа учебного курса .....	69
4.2. Требования к выполнению самостоятельной работы студентов .....	78
4.3. Список литературы.....	81

Учебное электронное издание

Составители  
**Ивановский** Аркадий Станиславович  
**Попроцкий** Александр Дмитриевич

# **ЗВУКОЗАПИСЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

*Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности 1-17 03 01 Искусство эстрады  
(по направлениям), направление специальности 1-17 03 01-02  
Искусство эстрады (компьютерная музыка)*

[Электронный ресурс]

Редактор *И. Б. Михнюк*  
Технический редактор *Ю. В. Хадьков*

Подписано в печать 30.05.2019.  
Гарнитура Times Roman. Объем 1,0 Мб

Частное учреждение образования  
«Институт современных знаний имени А. М. Широкова»  
Свидетельство о регистрации издателя №1/29 от 19.08.2013  
220114, г. Минск, ул. Филимонова, 69.

ISBN 978-985-547-306-1

