

Московская государственная консерватория им. П. И. Чайковского
Кафедра современной музыки — Кафедра сочинения -- Центр
электроакустической музыки

ПРОГРАММА ПО КУРСУ

«ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКАЯ МУЗЫКА И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

для студентов композиторских факультетов музыкальных вузов (2—4 курсы)

Составители: Амосов Г.Г., Наджаров А. С., Хруст Н. Ю

Объем: 170 часов в течение пяти семестров, по 2 часа в неделю

Цель курса:

познакомить студентов с электроакустической музыкой «изнутри» — так, чтобы владение её методами было у студента «в руках» и ощущалось как «родной», «знакомый» материал.

Задачи курса:

- дать теоретические знания о типах синтеза звука,
- познакомить студента с классикой электроакустической музыки,
- дать ему представление о том, как такие произведения могут создаваться,
- научить выполнять сложные задачи с помощью музыкальных компьютерных программ,
- научить применять эти знания и умения на практике при создании новых сочинений,
- научить разнообразным техникам электроакустической композиции,
- привить студентам эстетику электронного звука,
- дать представление о художественной ценности произведений электроакустической музыки,
- научить техникам создания звука и композиции, которые помогут студентам в будущем сочинять собственные полноценные произведения

КОММЕНТАРИЙ

Изучая инструментальную и вокальную музыку, мы разделяем её не только на разнообразные эпохи, но и на разные дисциплины, каждая из которых сосредоточивается на определённом аспекте музыкального языка и развития музыки в целом. История электроакустической музыки достаточно коротка по сравнению с музыкой, создаваемой иными средствами, тем не менее, она уже насчитывает более ста лет. В нашей стране, к сожалению, пока не существует такой же разветвлённой системы изучения электроакустической музыки, как музыки (если так можно выразиться), «механоакустической». Поэтому многими студентами, да и простыми слушателями нередко электроакустическая музыка воспринимается как некий неразделимый «ком», в котором с трудом прослеживаются какие-либо закономерности. Вдобавок, концертно-зрительные условия восприятия электроакустической музыки таковы, что (в отличие, скажем, от музыки ансамблевой или оркестровой), они несколько не проясняют тех средств, с помощью которых электроакустическая музыка создаётся и звучит именно так или иначе (в «фонограммной» музыке (tape music) слушатель вообще ничего не видит, но даже в концертном жанре — т. наз. live-электронике — нередко очень сложно понять, что на самом деле происходит на сцене и установить связь между действия исполнителя и звуковым результатом). В процессе освоения студентами электроакустической музыки, часто студент не может «перекинуть мостик» от теории к практике и почувствовать электроакустический материал «в руках». Нередко произведения воспринимаются студентом как нераздельный поток звучания, который не ясно как анализировать и уж тем более — воспроизвести.

Поэтому совершенно необходим курс, который бы всесторонне освещал все аспекты электроакустической музыки, что, без сомнения — всеобъемлющая задача. по сути речь идёт об освоении нескольких дисциплин.

Основная идея курса заключается в пяти основных аспектах, которые подаются в тесной взаимосвязи друг с другом:

- **теоретический** аспект: объясняются типы синтеза, обработки звука и их принципы (с демонстрацией);
- **аналитический** аспект: показываются конкретные примеры, преимущественно из классики электроакустической музыки, исследуется как именно различные типы синтеза реализованы в данных сочинениях;
- **исторический** аспект: в контексте теории и анализа происходит освещение постепенного развития языка электроакустической музыки на примере разнообразных произведений;
- аспект, связанный с **звукорежиссурой и саунддизайном**: студенты знакомятся с основами работы с электронной звуковой

- аппаратурой и программами, узнают, как добиваться желаемого звучания с помощью определённых технических средств;
- **практический** аспект: студент должен самостоятельно реализовать заново некое техническое или художественное задание — небольшое музыкальное сочинение, использующее оговоренный круг средств, фрагмент уже существующего музыкального произведения или «парафраз» на него, сгенерировать электронным способом звук музыкального инструмента, пения, речи и т. д.

В первом семестре студенты знакомятся с новыми музыкальными технологиями и историей развития электроакустической музыки (второй курс ВУЗа).

Второй и третий семестры (третий курс ВУЗа) больше сосредоточены на практическом освоении многообразия технических и художественных средств электроакустической музыки в тесной взаимосвязи с теоретическим обоснованием явлений электроакустического жанра и звука вообще.

Второй семестр открывается вводными лекциями, сосредоточенными на теории звука, его синтеза, обработки, записи и усиления. Постепенно осуществляется переход в практическим заданиям, эта часть курса продолжается до конца третьего семестра (и занимает, таким образом, весь год на третьем курсе ВУЗа). Тематически эта часть курса организована сначала по типам электронных средств (включая типы компьютерных программ). Но, разумеется, она не ограничивается их обзором, но всесторонне изучает те *задачи*, решению которых данные средства (например, изучение программ-секвенсоров неотрывно от освоения MIDI-технологий, монтажа, обработки и микширования звука).

Последние два семестра (четвёртый и пятый) посвящены наиболее углублённому изучению вопросов создания звука и его теоретических аспектов. Студенты учатся работать в средах программирования (таких, как Max-MSP), познают физические и математические тонкости звукообразования, полезные им для создания собственных произведений и работе в области саунддизайна.

Такой объём дисциплины обусловлен той её ролью, о которой уже говорилось выше: она выполняет для электроакустической музыки примерно ту же роль, что для инструментальной и вокальной музыки играют дисциплины *музыкальная литература (показ музыки), история музыки, теория музыки, инструментоведение, гармония, контрапункт и форма* одновременно. Очевидно, что одного и даже лет недостаточно для всестороннего освещения всего классического репертуара электроакустической и вообще электронной музыки и совершенного овладения её техниками.

ПЛАН ТЕМ И ЗАНЯТИЙ ВТОРОГО И ТРЕТЬЕГО СЕМЕСТРА

(3-й КУРС ВУЗА)

- Тема 1. Повторение пройденного материала. В чём сущность электроакустической музыки и в чём её отличие от любой другой электронной музыки. — 2 часа.
- Тема 2. Основы звуковой техники. Запись звука на микрофон, усиление с микрофона. — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР
- Тема 3. Коммутация, способы передачи сигнала. Аналоговые разъёмы. — 4 часа
- Тема 4. Устройство и предназначение микшерного пульта. Микширование и маршрутизация сигнала. — 6 часов
- Тема 5. Обработка звука. Наиболее распространённые устройства обработки. — 6 часов
- Тема 6. Звук и компьютер. Цифровой звук. Устройства ввода-вывода звука: аудиокарты и аудиоинтерфейсы. Цифровые разъёмы и протоколы передачи данных. — 2 часа
- Тема 7. Типы синтеза звука. — 4 часа
- Тема 8. Аудиоредакторы. Редактирование звуковой волны. — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР
- Тема 9. MIDI-протокол и MIDI-интерфейс. — 2 часа
- Тема 10. Секвенсоры. Монтаж звука, его микширование и обработка в программе-секвенсоре. Подключаемые программы-модули — Plug-ins. Logic Pro. Reason. — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР
- Тема 11. Работа в реальном времени. Ableton Live. Max for Live — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР
- Тема 12. FFT-преобразование. Работа со спектром. Audiosculpt — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР

Тема 13. Алгоритмическая композиция. Open Music. — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР

Тема 14. Интерактивная музыка. Max и PureData. — 4 часа лекция, 2 часа семинар, 2 часа СР

Итого за два семестра:

— классных занятий — 68 часов

— самостоятельной работы — 16 часов

Тема 1. Повторение пройденного материала. В чём сущность электроакустической музыки и в чём её отличие от любой другой электронной музыки. Критерии электроакустической музыки. Тембр как проблема композиции и часть языка. Жанры: Tape Music; Live-электроника. Технические и эстетические проблемы, которые ставят эти разновидности электроакустики.

Тема 2. Основы звуковой техники. Запись звука на микрофон, усиление с микрофона.

Типология микрофонов: по принципу действия, по направленности, дизайну и пр. Какие микрофоны лучше подходят для записи инструментов, голоса и для их усиления. Как нужно ставить микрофон на запись разных инструментов. Как позиция микрофона должна измениться при усилении.

Тема 3. Коммутация, способы передачи сигнала. Аналоговые и цифровые разъёмы.

Какие проблемы возникают при передаче аудиосигнала. Экранирование. Симметричная инесимметричная передача сигнала. В каких случаях используются разные типы передачи. Основные типы разъёмов: XLR, TRS, TS, Mini-TRS, RCA, DIN. В чём между ними разница и в каких ситуациях применяется тот или иной разъём.

Тема 4. Устройство и предназначение микшерного пульта. Микширование и маршрутизация сигнала.

Зачем нужен микшер? Что он собой представляет? Микшер как коммутационная панель. Сумматоры и предусилители — основная часть микшерного пульта. Смешение нескольких входящих сигналов в один и, наоборот, распределение одного сигнала на разные внешние принимающие устройства. Для чего нужна маршрутизация? Какими средствами всё это достигается. Входные каналы и общая часть пульта. Входной уровень gain и выходной (фейдер). Зачем нужно две регулировки уровня в каждом канале? Insert — вставка (разрыв) для последовательного соединения. Встроенная эквалализация. AUX-посылы: внешнее параллельное соединение, мониторы. Префейдерный и постфейдерный режимы работы. Зачем нужно два режима панорама. Группы (шины). Возвраты. Матрица. Основной выход.

Тема 5. Обработка звука. Наиболее распространённые устройства обработки.

Зачем нужна обработка звука? Две противоположные цели: корректировка с целью донести звук в «первоначальном» качестве и, наоборот, придать ему такую окраску, чтобы получить некое новое качество. Два типа включения обработки в цепь: последовательная и параллельная.

Устройства динамической обработки. 1000 и 1 причина использовать устройства динамической обработки. Компрессор — лимитер — экспандер — гейт. Работа с полезной и паразитной частью сигнала, определяемой по уровню

сигнала. разная обработка сигналов разного уровня. Борьба с шумами. Борьба с перегрузкой. Повышение субъективной громкости. Что в данном случае имеется в виду под «субъективной громкостью»? Работа с динамическим диапазоном. Работа с атакой. Характер звука при использовании компрессора. Разборчивость. Многополосные устройства динамической обработки. Зачем они нужны? Борьба с задуванием: де-поппер и де-эссер.

Перегрузка как намеренный эффект. Овердрайв, дисторшн и фузз. Побочный эффект компрессии. Возникающие комбинационные тоны.

Частотная обработка. Фильтры и эквалайзеры. Типы фильтров (НЧ, ВЧ, полосовые и др.). Типы эквалайзеров: графические, параметрические. В чём их особенность, и в каких случаях они используются. Нелинейность системы (включая резонансы концертного зала) и коррекция с помощью эквалайзера. Борьба с обратной связью. Влияние на тембр. Эквалайзер как способ подчеркнуть, «вывести на передний план» отдельный источник звука в общей звуковой картине. Специальный эффектор на основе фильтра — «wah»

Обработка на основе задержки. Delay — временная задержка.. параллельное подключение с обратной связью. обратная связь как «дешёвый» способ получения многократности эффекта. Искусственная реверберация. Особые виды обработки, построенные на постоянной перемене времени задержки: флэнджер, хорус, фэйзер.

Стандартная схема и последовательность подключения приборов обработки. Что получится, если поменять некоторые обработки в цепи местами (gated reverb и пр.)

Тема 6. Звук и компьютер. Цифровой звук. Устройства ввода-вывода звука: аудиокарты и аудиоинтерфейсы. Цифровые разъёмы и протоколы передачи данных.

Как компьютер общается с «внешним миром». В чём отличие аудиокарты от «интерфейса». Зачем они нужны? Необходимость использования выносного блока. Цифровые разъёмы и протоколы передачи данных. В чём их особенность и насколько каждый из них пригоден для потоковой передачи звуковой информации. Особенности USB, IEEE 1394 (FireWire / iLink), SPIF, ADAT (оптический и коаксиальный разъёмы), PCI Express, Thunderbolt.

Тема 7. Типы синтеза звука.

Историческое развитие техники синтеза звука. Возникновение типов синтеза. Создание формы волны вручную. Телгармониум, Шоринофон, засвечивание киноплёнки (Авраамов), «рисованный звук». Синтез на основе колебательного контура. Первые портативные синтезаторы: Терменвокс, Волны Мартено, Траутониум. Возникновение аддитивного синтеза из метода «создания вручную». АНС, электроорган (в т. ч. Хаммонда), UPIC, Метасинт. органная микстура как прообраз аддитивного синтеза. Риссе, Ксенакис. Субтрактивный синтез как приемник синтеза на основе колебательного контура. «Аналоговые» синтезаторы. Модульные синтезаторы. Moog. Модуляционный синтез.

Кольцевая, амплитудная, частотная и фазовая модуляция. Джон Чоунинг. Yamaha DX-7. Синтез на основе волновых таблиц. Меллотрон — «протосемплер». Цифровое сэмплирование. Гранулярный синтез. Карлхайнц Штокхаузен и пороги восприятия. Вэйвшейпинг как дальнейшее развитие гранулярного синтеза. FFT-преобразования. Вокодер, Морфинг, Свёртка. Физическое моделирование. Алгоритм Стронга — Карплюса.

Тема 8. Аудиоредакторы. Редактирование звуковой волны. Обзор аудиоредакторов. Возможности существенного изменения качества звука только путём простого монтажа. Fade in и Fade out. Растягивание или сжатие звучания по времени с одновременным изменением по высоте («эффект бурундука»). Независимое растягивание или сжатие (без изменения высоты). Технология гранулярного синтеза с оконными функциями. Изменение по высоте без изменения скорости проигрывания. Реверс. Огибающая звука: работа с отдельными её фрагментами — атакой, спадом, стационарной частью, затуханием.

Задание 1. Найти и записать звук, который может считаться отдельным звуковым событием.

Задание 2. Найти в нём несколько фаз, выделить каждую из них.

Задание 3. Путём только лишь оговоренных выше операций получить совершенно новый по качеству звук.

Тема 9. MIDI-протокол и MIDI-интерфейс. MIDI как способ передачи музыкальной «партитуры», «понятной» компьютеру, но не самого звука. MIDI изобретено как средство «общения» разных устройств: синтезаторов, секвенсоров, семплеров, клавиатур. Шарманка как прообраз MIDI. MIDI-сообщения. MIDI-ноты. MIDI-контроллеры (двусмысленность понятия: контроллер как устройство управления и как особый вид параметра в MIDI). MIDI-каналы и MIDI-устройства. «Вложенная» передача MIDI-данных по протоколу USB. Передача MIDI-данных по стандартному MIDI-интерфейсу через разъём DIN с особой распайкой.

Тема 10. Секвенсоры. Монтаж звука, его микширование и обработка в программе-секвенсоре. Подключаемые программы-модули — Plug-ins.

Программа-секвенсор. Сосуществование MIDI- и аудиоданных. Многодорожечная запись. Обзор MIDI-редакторов. Logic Pro, Reaper, Cubase, Pro Tools. Редактор MIDI. Plug-ins — синтезаторы и обработка. Автоматизация.

Задание. Сделать небольшую многодорожечную композицию. Можно использовать звуки, полученные при выполнении задания темы 8.

Тема 11. Работа в реальном времени. Ableton Live. Max for Live.

Особенности работы в реальном времени. Новые задачи. Автоматизация и ручное управление. Как сделать семплер или синтезатор. Особенности программы Live. Программа-микшер. Два режима работы: микшер и

многодорожечная записывающая программа. Встроенные и подключаемые plugins. Немного о Максе. Понятие «среда программирования». Графическое объектно-ориентированное программирование. Объекты и их соединения. Патчи. Max for Live — патчи Макса внутри программы Live. Работа и редактирование патчей в Live.

Задание. «Смастерить» свой собственный интерактивный инструмент — синтезатор, семплер и пр., пользуясь Live, Max for Live или, например, Kontakt.

Тема 12. FFT-преобразование. Работа со спектром. Audiosculpt.

Немного о преобразовании Фурье. Частота, фаза, амплитуда. Частотный и фазовый спектр звука. «Быстрое» преобразование Фурье. Использование оконных функций. Понятие спектрограммы и сонограммы. Работа с сонограммой. Влияние на форманты. Спектральная транспозиция и изменение времени звучания. Понятие спектральной огибающей. Независимая транспозиция звука по высоте и его спектральной огибающей (в частности, с целью сохранить естественность звучания исходного звука и избежать «эффекта бурундука»).

Задание 1. Взять короткий звук, растянуть его во много раз, и построить на его основе небольшую пьесу.

Тема 13. Алгоритмическая композиция. Open Music.

Введение в Open Music. Подробнее о графическом объектном программировании. Переход между MIDI- и аудиосредой. Организация ритма, звуковысотности и иных параметров сочинения.

Задание. Написать в Open Music небольшую пьесу, которая звучит «бесконечно» (т. е. пока не выключили), постоянно изменяясь по какому-то (несложному) закону.

Тема 14. Интерактивная музыка. Max и PureData.

Ещё раз о патчах и объектах. Командная (Max), звукая (Msp) и видеочасть (Jitter) среды программирования. Как они устроены. Принципы управления, ввода и вывода информации. Построение интерактивных систем.

Задание. Всем вместе (или разбившись на группы) сделать свой собственный интерактивный инструмент в Max-Msp или PureData наподобие созданного в задании для темы 11, но с большей степенью интерактивности: например, с необычным управлением — от джойстика, антенн, видеокамеры и пр. — или проявляющего большую «активность», — например, не просто с нажатием кнопки играет какая-то одна нота, но «реакция» инструмента более сложная.

ПЛАН ТЕМ И ЗАНЯТИЙ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО СЕМЕСТРА (4-й КУРС ВУЗА)

- Тема 1. Введение в интерфейс программы Max. 1 час лекции, 2 семинар, 1 час СР.
- Тема 2. Основы цифрового звука. Формы волн. Амплитуда, частота. 3 часа лекции, 0.5 часа СР.
- Тема 3. Амплитуда и частота. Основы MIDI. Свертывание частот. 3 часа лекции, 0.5 час СР.
- Тема 4. Волновые таблицы. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 5. Суперпозиция сигналов. Аддитивный синтез. 3 часа лекции, 0.5 час СР.
- Тема 6. Генератор огибающей ADSR. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 7. Субтрактивный синтез. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 8. Сэмплеры. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 9. Интерполяция. 3 часа лекции, 0.5 час СР.
- Тема 10. Нелинейное преобразование. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 11. Спектральное представление сигнала. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 12. Управляющие сигналы. Основы алгоритмической музыки. Программирование в Max и PD. 3 часа лекции, 3 часа семинар, 1 час СР.
- Тема 13. Сети с задержкой. Простейшие фильтры. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 14. Сохранение мощности в сетях с задержкой. 3 часа лекции, 1 час СР.
- Тема 15. Сложные фильтры, составляемые на основе простейших. 2 часа лекции, 2 часа семинар, 1 час СР.
- Тема 16. Анализ Фурье. 2 часа лекции, 2 часа семинар, 1 час СР.
- Тема 17. Форманты. 2 часа лекции, 2 часа семинар, 1 час СР.
- Тема 18. Спектральная огибающая и проблемы, возникающие при ее растяжении и сжатии. 2 часа лекции, 2 часа семинар, 1 час СР.

Итого два семестра:

— классных занятий — 68 часов

— самостоятельной работы — 16 часов

Тема 1. Введение в интерфейс Max. Окна, объекты, соединения объектов. Основы объектно-ориентированного подхода. Типы данных. Сообщения.

Тема 2. Периодические сигналы. Формы волн. Синусоида, её амплитуда, частота и фаза. Угловая частота и частота в герцах. Меры амплитуды сложного сигнала: пиковая амплитуда и среднеквадратичная амплитуда. Мощность сигнала. Дискретное время. Цифровые аудиосигналы. Сэмпл. Сэмплирование аналоговых сигналов. Скорость сэмплирования (частота дискретизации). Периодические сигналы. MSP и цифровой звук.

Тема 3. Амплитуда и частота. Основы MIDI. Свертывание частот. Мера амплитуды сигнала в децибелах. Различные способы плавного увеличения амплитуды: линейный экспоненциальный, квадратичный. Соответствие плавному увеличению громкости. Гармонический (обертонный) ряд (ряд Фурье). Высота звука. Единицы MIDI высоты звука. Теорема сэмплирования. Частота Найквиста. Свёртывание (накладывание) частот. Разложение в ряд Фурье и свёртывание. Методы борьбы со свёртыванием: использование большой скорости сэмплирования.

Тема 4. Волновые таблицы. Синтез звука с помощью операции просмотра волновой таблицы. Осцилляторы волновых таблиц. Смешивание волновых таблиц. Классические формы волн: пилообразная, треугольная, прямоугольная. Извлечение чётных и нечётных гармоник.

Тема 5. Суперпозиция сигналов. Амплитуда и мощность суммы сигналов. Аддитивный синтез. Колокол Риссе. Артефакты при изменении амплитуды сигнала. Умножение сигналов. Генератор огибающей.

Тема 6. Генератор огибающей ADSR (атака, спад, поддерживание, завершение). Демпфирование звука при изменении параметров управления. Убирание разрыва за счёт компенсирующего сигнала.

Тема 7. Субтрактивный синтез. Считывание огибающей. Спектральная и амплитудная огибающие. Обзор методов субтрактивного синтеза. Вычитание волн со смещением фазы. Спектральный субтрактивный синтез.

Тема 8. Сэмплеры. Зацикливание сэмплеров и использование огибающей. Транспозиция звука, записанного в волновой таблице. Эффект бурундука.

Тема 9. Интерполяция как способ увеличения аккуратности при просмотре волновой таблицы. Линейная и кубическая интерполяция.

Тема 10. Задавание формы волны с помощью нелинейной преобразующей функции. Интермодуляция. Срезание. Разностные тоны. Получение гармоник из основного тона с помощью полиномов Чебышёва.

Тема 11. Спектральное представление сигналов. Классификация спектров. Спектральная огибающая. Умножение аудиосигналов. Кольцевая модуляция. Делитель октавы. Частотная и фазовая модуляция. Несущая частота, модулирующая частота и индекс модуляции. Боковые полосы.

Тема 12. Управляющие сигналы. Основы алгоритмической музыки. Логическое время. Временные последовательности и численные управляющие потоки. Преобразование управляющих потоков в цифровые аудиосигналы. Операции над управляющими потоками: задержка (простая и сложная), слияние, обрезание, пересинхронизация. Преобразование аудиосигнала в управляющий поток. Детекция события. Секвенсер. Устройство “захвата и удержания”.

Тема 13. Фильтры. Частотный и импульсный отклики фильтра. Восстановление параметров фильтра по его импульсной характеристике (свертка). Стабильная и нестабильная сети. Рециркулирующие сети с задержкой. Коэффициент усиления и коэффициент обратной связи. Гребенчатый фильтр с рециркуляцией и без нее. Удвоитель октавы.

Тема 14. Сохранение мощности в сетях с задержкой. Все пропускающий фильтр. Искусственная реверберация. Управление ревербераторами. Сети с переменной задержкой.

Сдвиг высоты с помощью эффекта Допплера.

Тема 15. Составной фильтр. Графическое представление сложного фильтра. Фильтры с нулем и фильтры с полюсом. Фильтры, пропускающие низкие и высокие частоты. Фильтры, пропускающие полосу и задерживающие полосу. Пиковый и задерживающий полосу фильтры. Эквалайзеры. Шельфовый фильтр. Фильтр Баттерворта.

Тема 16. Анализ Фурье и реконструкция аудиосигналов. Оконное преобразование Фурье. Окна Ханна. Преобразование Фурье как аддитивный синтез. Анализ Фурье классических форм волн. Скачки и углы. Предсказывание

свёртывания и борьба со свертыванием. Пересэмплирование. Накладывание тембра (классический вокодер).

Тема 17. Спектральная огибающая. Форманты, ширина форманты. Генерация последовательности импульсов с помощью задания формы волны и растягивания волновой таблицы. Генератор одной форманты. Подвижная кольцевая модуляция. Перемещение спектральной энергии по частотам. Подвижные форманты. Генератор фазово-вытраиваемой форманты PAF. Создание спектра с двумя формантами при помощи генератора PAF.

Тема 18. Растягивание тембра. Рабочий цикл. Преобразование ряда Фурье при растягивании. Потеря пиковых значений в спектре при больших величинах рабочего цикла.

Проблемы: потеря формант при сужении и свертывание при расширении.

РЕКОМЕНДУЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Max-MSP
(+Percolate)
(+Ipctoolkit)
(+GTK — Nathan Wolek Granular Toolkit)
(+CNMAT externals)
(+Toyoji patch — waveshaping)
(+RTC — algorithmic)
PureData
Open Music
C-Sound
MetaSynth
HighC
Iannix
Cosmos
Stochos
Analogique
AudioSculpt
Spear
SoundHack
Logic / Cubase / ProTools / Reaper
IRCAM Diphone
IRCAM Modalys
Ableton Live Suite Tools
Tassman
NI Komplete
(NI Reaktor)

ЛИТЕРАТУРА

1. Puckette M. The Theory and Technique of Electronic Music. Hackensack. 2007. World Scientific Publishing Co Pte. Ltd.
2. Chowning J. The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation // Journal of the Audio Engineering Society № 21 (7), pp. 526—534. 1973
3. Chowning J. The Simulation of Moving Sound Sources // Journal of the Audio Engineering Society № 19 (1), pp. 2—6. 1973
4. Штокхаузен К. 4 критерия электронной музыки // Композиторы о современной композиции. Московская консерватория. 2009
5. Булез П. Конкретная музыка // Композиторы о современной композиции. Московская консерватория. 2009
6. Stockhausen K. ... wie die Zeit vergeht ... // Die Reihe № 3, pp. 13—42. Wien. Universal Edition 1957 // Texte zur Musik, vol. 1, p. 99—139. Cologne. Verlag M. DuMont Schauberg. 1963 || as ... How Time Passes ... (translation by Cornelius Cardew) // Die Reihe 3 (English edition), pp. 10—40. Bryn Mawr, Pennsylvania. Theodore Presser Company. 1959
7. Xenakis I. Formalized music. Thought and mathematics in Music. Pendragon revised edition. Pendragon press. 1992
8. Штокхаузен. Как проходит время. How time passes. Wie die Zeit vergeht где????
9. Алдошина И. А., Приттс Р. Музыкальная акустика. СПб., Композитор, 2006
10. Алдошина И. А. Основы психоакустики. Цикл статей // «Звукорежиссёр», М. «Издательство 625», 1999—2003 (Часть 14. Тембр // Звукорежиссёр. М. 2001. №№ 2, 3, 4.), см. также на официальном сайте: <http://rus.625-net.ru/audioproducer/>
11. Алдошина И. А. Тембральный морфинг звука // «Звукорежиссёр», М. 2005
12. Павловская В. И., Качерович А. Н., Лукьянов А. П. Акустика и электроакустическая аппаратура. 2-е изд.. М.. Искусство, 1986
13. Сапожков М.А. (ред.) Акустика. Справочник. М.. Радио и связь, 1989
14. Корольков В. Г, Сапожков М. А. Справочник по акустике. Под общей редакцией М. А. Сапожкова. М.. Радио и связь. 1979
15. Радзишевский А. Ю. Основы аналогового и цифрового звука. М. «Вильямс». 2006
16. Гапон А. «Аналог» и «цифра» — pro и contra звуковой техники. <http://www.show-master.ru/archive/29/150.shtml>
17. Кирн П. Цифровой звук. М. Вильямс. 2007
18. Risset J.-C., Wessel D.L. Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis, The Psychology of Music, ed. D. Deutsch (New York, 1982), 26–58
19. Eckel G., Iovino F., Caussé R. Sound synthesis by physical modelling with Modalys. Paris. IRCAM. // Proceedings of the International Symposium of Music Acoustics. 1995
20. Campbell M., Greated C. The Musician's Guide to Acoustics. Oxford. Oxford University Press, 1998. 624 p.
21. Hearing / Edited by Moore B. London. Academic press

22. Zwicker E., Zwicker T., Audio Engineering and Psychoacoustic: Matching Signals for the final Receiver, the Human Auditory System, Journal of Audio Engineering Society. Vol. 39, No. 3, March 1991. P. 115–1261
23. Moore B., Glasberg B., Baer T. A Model for the Prediction for the Thresholds, Loudness and Partial Loudness / Journal of Audio Engineering Society. Vol. 45, No. 4, April 1997, P. 224–240.
24. Старчеус М. С. Слух музыканта. МГК им. П. И. Чайковского, М. 2003
25. Yavelow Ch. MacWorld. Music & Sound Bible. IDG Books. 1992
26. Орлов. Л. Основы синтеза звука (цикл статей) // Звукорежиссёр 1998, 1999. М., «Издательство 625»
27. <http://arduino.cc/>
28. <http://processing.org/>
29. <http://cycling74.com/>
30. <http://puredata.info/>
31. <http://www.audiosynth.com/>
32. <http://www.csounds.com/>
33. <http://www.steim.org/>
34. <https://ccrma.stanford.edu>
35. Sergio Luque. The Stochastic Synthesis of Iannis Xenakis // Leonardo Music Journal, Vol. 19. MIT Press. 2009 (<http://www.sergioluque.com/thesis.html>)
36. <http://music.dartmouth.edu/> (<http://music.dartmouth.edu/~book/MATCpages/chap.4/4.6.waveshp.html> — о вейвшейпинге)
37. <http://www.sfu.ca/~truax/> (о Б. Труксе)
38. <http://www.buchla.com/>
39. <http://sonic-disorder.com/research.html>
40. <http://sonic-disorder.com/>