Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Детская школа искусств имени А.ИМ. Баева» Северного района Новосибирской области

Исследовательский проект

**Средства синтеза и обработки звука в творческой деятельности учащихся ДШИ по классу синтезатора**

Выполнил: преподаватель синтезатора

Симбирцева Марина Николаевна

2017

Содержание

Введение 3

Глава I. Теоретические основы синтеза и обработки звука 8

1.1. Звук как акустический феномен 8

1.2. Средства синтеза звука – история развития и современное состояние 19

1.3. Обработка звука и ее виды: амплитудная, частотная, пространственная 31

Выводы по 1 Главе 42

Глава II Пути художественного применения средств синтеза и обработки звука на занятиях по классу синтезатора 45

2.1. Возможности современных синтезаторов в формировании новых и трансформации имеющихся тембров 45

2.2. Педагогический опыт применения средств синтеза и обработки звука с учащимися ДШИ 52

Выводы по 2 Главе 68

Заключение 71  
Литература 76

**Введение**

**Актуальность исследования.** Значительные изменения экономической и социальной жизни в России последних десятилетий вызвали потребность в формировании нового типа личности, способной самостоятельно принимать решения, осознанно осуществлять свой выбор, умеющей гибко реагировать на изменения обстоятельств. Данные качества могут быть присущи только творческим людям, обладающим креативным мышлением. Необходимость реализации обозначенной выше глобальной задачи имеет множество индивидуальных решений в педагогической практике. В том числе и в процессе обучения на занятиях по классу синтезатора.

Активное развитие музыкально-компьютерных технологий, возрастающая популярность электронных музыкальных инструментов оказывает большое влияние на развитие музыкальной педагогики. Наибольший интерес музыкантов-профессионалов вызывает клавишный синтезатор. Очевидно, что для преодоления негативных стереотипов и преодоления и существующего барьера неприятия со стороны академического музыкального сообщества этому инструменту понадобится еще не одно десятилетие. Но акустическая среда, которая включает в себя совокупность звуков природного и техногенного происхождения, постоянно развивается и ее необходимо дополнять и расширять новыми средствами синтеза звука.

Сегодня обучение по классу синтезатора активно вводится в образовательные программы достаточно большого количества детских музыкальных школ и школ искусств. Дети с большим интересом осваивают новый, современный инструмент. Вызывает интерес и детей, и педагогов к конкурсам и фестивалям электронного музыкального творчества, проводящихся ежегодно. Это касается и международного фестиваля-конкурса «Музыкальная Электроника и МультиМедиа»; фестиваля электронного музыкального творчества «Ступени роста»; Московского областного открытого конкурса электро-акустической музыки «Творческий дебют»; «Международного конкурса-фестиваля исполнителей на музыкальных инструментах». Существует также немалое количество интернет-конкурсов и фестивалей: международный конкурс исполнителей инструментальной музыки «Звёздный проект», конкурсы для детей и педагогов «Талантоха», всероссийский конкурс «Творчество умников и умниц». Многие из данных конкурсов и фестивалей проводятся по видеозаписям, что позволяет детям и преподавателям из отдаленных городов и сёл России проявить свои творческие возможности.

**Степень разработанности проблемы**. За последние годы разработаны учебные пособия по синтезатору:

* «Школа игры на синтезаторе» И.М. Красильникова;
* «Школа юного аранжировщика: обучение игре и аранжировке на синтезаторе» Н. Михуткиной;
* «Популярный учебник игры на синтезаторе» С. Стрелецкого и

др.

Подготовлены и изданы программы дополнительного художественного образования детей:

«Ансамбль клавишных синтезаторов» И.М. Красильников,

«Клавишный синтезатор» И.М. Красильников,

«Учусь аранжировке» И.М. Красильников,

«Волшебные клавиши»,

«Произведения для ансамбля синтезаторов».

И.М. Красильниковым создана «Методика музыкального обучения на основе цифрового инструментария (с поурочной разработкой)» и т.д.

Мы наблюдаем неподдельный интерес учёных к процессу широкого использования музыкально-компьютерных технологий в школе как музыкальной, так и в общеобразовательной. Множество статей и научных работ создано И. М. Красильниковым, среди которых «Музыкально-компьютерные технологии и качество творческой деятельности школьников», «Электронное музыкальное творчество в образовании детей и юношества: перспективы развития». К вопросам внедрения музыкально-компьютерных технологий обращались И. Айдаров, Г. Кадина, И.М. Красильников, О. Подкопаева, О. Яцюк и др.

Несмотря на активный интерес к данному направлению в музыкальной педагогике, мы находим ряд противоречий.

**Первое противоречие**, на наш взгляд состоит в том, что желая использовать электронные музыкальные инструменты в практике, учителя не всегда готовы к этому процессу, так как обучение методике преподавания представлено только в ряде некоторых учебных заведений.

**Вторым противоречием** выступает наличие внимания авторов к синтезу звука, но данный их интерес практически не отображён в нотных сборниках и пособиях по игре на синтезаторе. Данные противоречия позволили выявить ряд проблем.

**Первая** из них заключается в том, что педагоги не могут в полной мере задействовать возможности синтезатора в создании новообразованных тембров с детьми.

**Вторая проблема,** на наш взгляд заключается в отсутствии доступных методических курсах для педагогов по данному направлению.

Определённые нами противоречия и выросшие из них проблемы послужили выбору ТЕМЫ исследования: «Средства синтеза и обработки звука в творческой деятельности учащихся ДШИ по классу синтезатора».

**Целью исследования** сталовыявление путей развития творческих способностей учащихся в процессе управления синтезом и обработкой звука.

**Объект исследования**: творческая деятельность обучающихся в классе клавишного синтезатора.

**Предметом исследования** определено приобщение учащихся к процессу синтеза и обработки звука как условие эффективности обучения по классу клавишного синтезатора в условиях дополнительного образования.

Достижение цели данной работы предполагает решение ряда **задач**:

1. выявить звук как акустический феномен;
2. проанализировать историю развития средств синтеза звука и их современное состояние;
3. рассмотреть теоретические основы обработки звука и ее виды;
4. определить возможности современных синтезаторов в формировании новых и трансформации имеющихся тембров;
5. выявить и апробировать средства синтеза и обработки звука с обучающимися ДШИ по классу синтезатора с опорой на развитие творческих возможностей учащихся, доказав эффективность выявленных средств по результатам педагогического эксперимента.

**Гипотеза исследования** если при работе с детьми в классе синтезатора активно использовать средства синтеза и обработки звука, то актуализируется развитие их творческих возможностей.

**Теоретическую и методическую основу исследования** составляют

* методические работы музыкантов-педагогов А.Д. Артоболевской, Г.Г. Нейгауза, В.Н. Шацкой, О.А. Апраксиной, Н.Л. Гродзенской и др., которые открывают возможности для обобщения педагогического опыта в области развития творческого потенциала учащихся;
* исследования в области использования синтезатора в работе со школьниками в системе дополнительного музыкального образования И.М. Красильникова, О.А. Подкопаевой, М.Ю. Чёрной, статьи Е.Ю. Гундоровой, Е.В. Павловой;
* теоретические труды по теории акустики, звукового синтеза и звукорежиссуры Б.Я. Меерзона, А.В. Севашко, П. Уайта, Ф. Ньюэлла.
* программы дополнительного художественного образования детей И.М. Красильникова.

**Методы исследования**

Теоретические методы:

* анализ педагогической и методической литературы;
* изучение педагогического опыта;
* обобщение и систематизация теоретических данных;

Эмпирические методы:

* беседы,
* педагогическое наблюдение, и др.;
* проведение педагогического эксперимента на базе Муниципального казенного учреждения дополнительного образования «Детская школа искусств имени А.И. Баева» Северного района Новосибирской области.

**Практическая значимость** исследования состоит в обосновании методического подхода к процессу развития творческих способностей учащихся в процессе управления синтезом и обработкой звука.

**Структура диссертации*:*** диссертация состоит из введения, двух глав и пяти параграфов, заключения, списка литературы.

**Глава 1. Теоретические основы синтеза и обработки звука**

**1.1. Звук как акустический феномен**

В современном мире главное и широко используемое мультимедийное устройство – звуковая карта. Каждый обладатель персонального компьютера ежедневно использует ее для воспроизведения аудио-, а также видеозаписей.

Не так давно технология подготовки таких записей была доступна только профессионалам, однако с развитием вычислительной техники в 1980-х – 1990-х годах XX века ситуация резко изменилась, так как появились относительно несложные программы, которые позволяют не только записывать, но и редактировать звук. С помощью таких программ мы имеем возможность воспроизвести не только естественные звуки, но и получить принципиально новые, не встречающиеся в природе. Обработка представляет собой изменение существующего звука для получения абсолютно нового, или для усиления (нивелирования) отдельных его качеств. Возможность использования мультимедийных программ открывает определенные перспективы в образовании. Педагог, который владеет новейшими технологиями работы со звуком, может увеличить количество тембров определенного инструмента, тем самым разнообразив палитру звуков; создавать новые тембры, соединяя два или несколько звуков вместе; использовать на практике всевозможные устройства для работы со звуком, развивая творческие способности учащихся.

Рассмотрим основные понятия и характеристики «звука». Научным определением со стороны науки физики, звук представляет собой распространение в виде [упругих волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B) механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде [24].

Акустика – это наука, которая изучает звук, как физическое явление. Для проведения исследований в области теории музыки и акустики всевозможных музыкальных инструментов, необходимо объединить данные обеих сторон. Музыкальная акустика – междисциплинарная наука, которая включает в себя теорию музыки, а также математику и психологию. Основным предметом музыкальной акустики является динамика, высота, а также тембр музыкальных звуков, с позиции слухового восприятия музыканта. Громкость звука – восприятие силы (интенсивности) данного звука, которая определяется амплитудой звуковых колебаний; высота звуков выражается частотой этих колебаний. А тембр звука можем определить амплитудой колебаний обертонов [152]. Высота звука, его громкость, тембр, а также длительность являются специфическими характеристиками музыкального звука.

И. Алдошина утверждает, что тембр – это наиболее сложный субъективно ощущаемый параметр. Именно определение этого термина вызывает сложности, которые сопоставимы с таким определением как понятие «жизнь». Учёная говорит о том, что всем понятно, что такое тембр, но к единому научному определению наука уже несколько столетий так и пришла.

Таким образом, однозначная, обоснованная типология термина «тембр» не сложилась. В научной терминологии нет таких определений, с помощью которых можно охарактеризовать такие понятия как «тембр виолончели» или «тембр голоса» певицы достаточно точно. Поэтому зачастую приходят к метафорам: «мягкий тембр», «резкий тембр», «грудной тембр».

Причина такого многообразия тембров заключается в возникновении и нарастании звуков, в особенностях их извлечения и затухания. Любой звук возникает и затухает постепенно. Такие процессы, как нарастание звука до установившегося режима, или его затухание, являются нестационарными. Продолжительность нарастания и затухания звука, форма, огибающая нестационарные процессы, собственно и «рождает» тембр звука, его окраску.

Понятие «синтез» представляет собой процесс объединения ранее разрозненных вещей или понятий в единое целое.

Существуют устройства, помогающие улучшить качество звучания. Рассмотрим некоторые:

Гармонайзер (harmonizer) иначе – генератор гармоник. Основным предназначением данного устройства является добавление дополнительных партий к основному, входному сигналу. Эти партии представляют собой такой же входной сигнал, который сдвигается по частоте. Данное устройство может добавить дополнительные партии в октаву и даже более, сделать их выше или ниже, нежели входной сигнал, вдобавок в унисон. Гармонайзер анализирует основной тон входного сигнала в одноголосной мелодической последовательности и подстраивает заданные пользователем интервалы, такие как терции, секунды, квинты и т.д. Получаются аккорды и созвучия, которые звучат довольно реалистично, так как добавляются микроизменения отдельных звуков по высоте. Также данное устройство может транспонировать звук или смещать на определенный интервал.

Эксайтер (еxciter), еще его называют гармоническим возбудителем (harmonic exciter), психоакустическим процессором (psychoacoustic processor). Высокочастотные сигналы синтезируются в данном устройстве обработки при помощи тонких гармонических искажений. На основе более низких частот сигнала этот процесс создает высшие гармоники. Так как количество присутствующего шума в различных частотных полосах различное, то гармоники, которые получены от чистой полосы, становятся более чёткими. Иногда, чтобы получить имитацию глубокого баса, эксайтеры употребляют для синтеза низкочастотных гармоник.

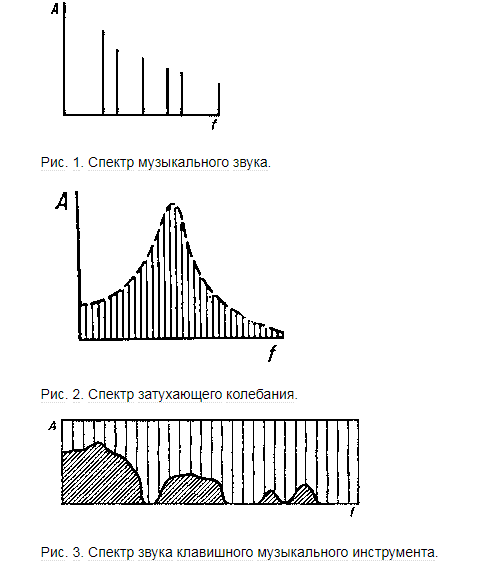
Первоначально для производства эксайтеров использовали ламповые усилители. Сегодня подобные устройства представляют собой цифровые процессоры.

Хорошая обработка эксайтером даёт ощущение прозрачности звучания. При неправильном применении устройства, а также непонимании данного процесса вероятность неудовлетворительного процесса очень велика. Например, орган, медные духовые инструменты, характеризующиеся линейчатым спектром основных тонов, эксайтером обработать нельзя, т.к. обработка инструмента, который не имеет обертонов, вызовет весьма непредвиденный и чаще всего досадный эффект.

Чтобы придать большую объемность и четкость входному сигналу, эксайтеры часто образуют гармоники, кратные двум. Но громкость остается прежней. Эксайтеры позволяют отобрать частоты обогащения, что является отличительной особенностью данного устройства от гармонайзеров, которые создают гармоники на всей полосе звукового сигнала.

Рассмотрим спектральный состав звукового колебания, амплитуду, а также их изменение во времени.

Спектром звука является объединение простых гармонических волн, на которые можно разложить звуковую волну. Чтобы выявить спектр звука необходимо провести анализа данного звука, а также его частотный состав. Спектр звука обычно изображают на координатной плоскости. Чистый тон обладает линейчатым спектром (рис. 1). Акустические шумы, одиночные импульсы, а также затухающие звуки имеют сплошной спектр (рис. 2). Для шумов некоторых механизмов, а также звуков клавишных музыкальных инструментов характерны комбинированные спектры, где на сплошной спектр накладываются отдельные частоты, а также имеющих шумовую окраску, в виде ударов молоточков (рис. 3).



Спектральный состав определяет тембр звука (его окраску). Спектр звука выражается графиком интенсивностей частотных составляющих. На графике они обозначаются в виде вертикальных линий определенной высоты. По терминологии музыкальной акустики эти колебания называют тоном и обертонами. Рассматривая спектр чистого тона, мы видим одну линию, которая соответствует его частоте; а спектр любого другого колебания будет иметь несколько линий. Все звуки, которые встречаются в нашей жизни, практически никогда не бывают чистыми, а являются созвучиями. Мы воспринимаем на слух самый острый пик, а остальные составляющие определяют его окраску. В противном случае звук будет восприниматься как одновременное звучание нескольких тонов или шум [54, 154].

Благодаря особенностям слухового восприятия высота звука в большей степени определяется по его спектральному составу, чем по основному тону. Например, субъективная высота большинства низкочастотных звуков практически не изменится даже при полном удалении из них основного тона, так как в слуховом аппарате он восстанавливается по разностным частотам первых обертонов [54, 154].

Спектр звука можно разделить на три части, которые включают в себя низкие, средние и высокие частоты. Границы частот обозначают следующим образом:

* низкие – от 10 Гц (Герц – единица частоты колебаний) до 200 Гц;
* средние – от 200 Гц до 5 кГц;
* высокие – от 5 кГц и более.

Каждую часть звукового спектра можно разделить на более мелкие части. Рассмотрим их характеристики.

1. Низкие басы – границы данных частотот 10 Гц до 80 Гц. Низкие басы являются самыми низкими нотами, от которых мы слышим, как резонирует комната. Данные частоты насыщают звук, придают глубину.
2. Верхние басы. Границы данных частот определяют от 80 Гц до 200 Гц. Определяются как верхние звуки басовых инструментов, а также самые низкие звуки гитары. Данные частоты содержат так называемую энергию звуков, ритма. Основная энергия ритма сконцентрирована именно в этом регистре.
3. Низкие средние – от 200 Гц до 500 Гц. В этом регистре размещаются звуки гитары. Также здесь находится практически весь ритм и аккомпанемент.
4. Средние средние. Границами данных частот определяют от 500 Гц до 2500 Гц. В данном регистре мы слышим соло скрипок, соло гитар, фортепиано, а также вокал.
5. Верхние средние – частоты от 2500 Гц до 5 кГц. Звуками данных частот являются самые верхние ноты фортепиано и некоторых других инструментов. Отличается многообразием гармоник и обертонов. При усилении этой части спектра можно достичь яркого, волшебного звука.
6. Низкие высокие частоты – от 5 кГц до 10 кГц. Здесь мы встречаемся с самым сильным искажением высоких частот.
7. Верхние высокие. Границы данных частот от 10 кГц до 20 кГц. Здесь мы слышим самые нежные, тонкие высокие частоты. Регистром является четвертая октава [103].

Таким образом, чем выше частота звукового сигнала, тем выше его звучание.

Спектр может быть сплошным, где энергия звуковых колебаний непрерывно распределена в широкой области частот, и линейчатым, где имеет место совокупность дискретных (прерывных) частотных составляющих. Звук со сплошным спектром воспринимается как шум. Примером таких звуков могут быть шелест листьев деревьев или звуки работающих механизмов.

Кроме периодических колебаний (тонов) рассматриваются также непериодические колебания — шумы. Основными видами шумов являются белый шум и розовый. Белый шум в чистом виде в звуках природы не встречается и имеет равномерную спектральную плотность, однако довольно часто встречается в электронных приборах. Розовый шум характеризуется шумом дождя, ветра и другим и неярко выраженными природными шумами.

Амплитуда определяет интенсивность колебаний – громкость и силу звука. С ее ростом увеличивается и громкость звукового сигнала. Громкость звука измеряется в децибелах и обозначается дБ. Децибелом является относительная логарифмическая единица уровней, затуханий и усилений [24].

Рассмотрим понятие цифрового звука. Цифровой звук – это звук, полученный в результате преобразования аналогового сигнала в цифровой формат. В аппаратуре аналогового формата звук представлен колебаниями тока в электрической цепи. Незначительное искажение формы электрического сигнала портит воспроизводимый звук. Формат же, который называют цифровым, предполагает дискретное представление звуковой волны, т.е. постоянную частоту, без искажений. Таким образом, незначительные помехи не приводят к искажению сигнала. Персональный компьютер работает только с цифровыми данными, поэтому аналоговый звук необходимо перевести в цифровой. А для воспроизведения, цифровой сигнал необходимо превратить в аналоговый. Для данных манипуляций используются специальные устройства, такие как аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Оба эти устройства встроены в звуковую карту компьютера. Метод, используемый для преобразования аналогового сигнала в цифровой, называется методом импульсного кодирования (PCM – Pulse Code Modulation). Данный метод помогает производить отсчеты амплитуды аналогового сигнала через равные промежутки времени.

Чтобы определить качество цифровой записи используют два параметра:

* частота дискретизации (samplerate) – это частота, с которой производятся отсчеты (измеряется в герцах);
* разрешающая способность (Sampleformat или samplesize) – показывает насколько точно представлены отсчеты, т.е. каким числом описывается каждый отсчет.

Цифровой звук отличается тем, что его возможно хранить и тиражировать без потери качества очень длительное время. Но при манипуляциях с преобразованием цифрового формата в аналоговую форму и обратно обязательно приведет к частичной его потере. Самые неприятные на слух искажения, которые вносятся уже на этапе оцифровки, называются гранулярным шумом. Данный шум возникает из-за округления амплитуды до дискретного значения при квантовании сигнала. Гранулярный шум зависит от сигнала, и представляет собой гармоники сигнала, искажения от которых наиболее заметны в верхней части спектра. Мощность гранулярного шума обратно пропорциональна количеству ступеней квантования. Из-за логарифмической характеристики слуха, при линейном квантовании, на тихие звуки приходится меньше ступеней, чем на громкие, в результате чего основная плотность искажений образовывается в области тихих звуков. Это приводит к ограничению динамического диапазона.

При восстановлении звука из цифровой формы в аналоговую возникает проблема сглаживания ступенчатой формы сигнала и подавления гармоник, вносимых частотой дискретизации. Из-за погрешности АЧХ-фильтров происходит либо недостаточное подавление этих помех, либо избыточное ослабление полезных высокочастотных составляющих. В итоге, плохо подавленные гармоники частоты дискретизации искажают форму аналогового сигнала, что создает впечатление грязного звука.

Следующий вопрос, который мы рассмотрим: как записать звук? Звук записывается с помощью устройства, который называется микрофон. Данное устройство состоит из тонкой мембраны, вибрация которой, под действием звука, превращается в электрические колебания. Здесь применяется физический метод – конденсатор. Вибрирующая мембрана представляет собой одну часть конденсатора, вторая закреплена неподвижно. При колебаниях меняется расстояние между данными пластинами, таким образом, изменяется и емкость конденсатора. Проходящий ток приобретает форму звуковой волны. Микрофон преобразует звуковые волны в электрические. Таким образом, микрофон – это электроакустический прибор, который преобразует звуковые колебания в электрический сигнал. Микрофоны можно классифицировать по принципу их действия:

* динамический;
* катушечный;
* ленточный;
* конденсаторный;
* электретный;
* угольный;
* пьезомикрофон;
* ламповый;
* оптоакустический.

Сравнительные характеристики основных видов микрофонов:



Все микрофоны имеют следующие характеристики:

1. чувствительность – отношение напряжения на выходе микрофона к звуковому давлению;
2. амплитудно-частотная характеристика – зависимость чувствительности микрофона от частоты звуковых колебаний;
3. акустика – отношение силы, действующей на диафрагму микрофона и звукового давления в свободном звуковом поле;
4. направленность – зависимость чувствительности микрофона от направления падения звуковой волны;
5. собственные шумы – определяются как уровень звукового давления, который создает напряжение на выходе микрофона, равное напряжению, возникающему в нём только за счёт собственных шумов при отсутствии звукового сигнала.

**1.2. Средства синтеза звука – история развития и современное состояние**

Не так много времени прошло с тех пор, когда первые компьютеры, которые занимали очень много места и не были предназначены для написания музыки, превратились в аккуратные персональные компьютеры, которые сочетают в себе возможности работы с текстовыми документами, а также звуком, видеофайлами и графикой. В современных условиях введение ПК в образовательный процесс является правильным и своевременным решением.

Первые попытки соединения компьютера с искусством, и история развития средств синтеза звука имеют свою историю.

В далеком прошлом древние ученые-математики начали изучать временную и частотную шкалы, которые являются формальной стороной организации музыки. Механизмы далекого прошлого, которые воспроизводили мелодии по программе, появились еще до таких механизмов, как, например, калькуляторы, поэтому мы можем отнести музыкантов к первым программистам. Рассматривая письменное наследие древних культур, нотные записи можно отнести к текстам программ. Сравнивая обе формы, мы находим некие параллели: циклы и блоки, условия и метки. Зная о них, мы уже не удивляемся тому, что, создатели первых ЭВМ заставили механизмы воспроизводить мелодии. Конечно, музыканты не могли относить машинную музыку к настоящей. Машинная музыка воспроизводила «мертвые» звуки по определенному плану, а сам звук был очень далек от звучания «живых» акустических инструментов. Однако с электронными машинами проводилось множество экспериментов, благодаря которым появилось множество способов написания музыки, а также различных направлений в музыке. Новое звучание и необычный звук стали настоящим новаторством в мире музыки. Композиторы того времени, шагая в ногу со временем, использовали новаторскую технику в своей работе. Такие композиторы, как К. Штокхаузен, О. Мессиан, А. Шнитке, создавали произведения с применением новых электронных инструментов или только на них.

Следующим шагом в развитии музыкально-компьютерных технологий явилась разработка множества методов синтеза звука.

Программисты начали анализировать спектр акустических инструментов и алгоритм синтеза электронных тембров. Изначально все расчеты звуковых колебаний выполнялись центральным процессором не в реальном времени. Создание каждого музыкального произведения на первых ЭВМ было очень утомительным процессом. Этот процесс включал в себя кодировку нот, назначение тембров. Далее запускалась программа для расчета звуковой волны, которая работала очень долго. И спустя несколько часов можно было послушать результат. Если же результат не удовлетворял композитора-программиста и в партитуру вносились изменения, то для повторного прослушивания произведения процесс повторялся. Конечно, такая музыкальная практика не могла стать массовой, но исследователи феномена музыки пошли дальше: разработано новое направление в музыкальном использовании компьютера: рождение, а также генерация нотного текста.

В начале 50-х годов современные ученые, используя первые компьютеры, пробовали синтезировать музыку, а именно сочинять мелодию или аранжировать ее средствами электроники. Таким образом, появилась так называемая алгоритмическая музыка. Выпадение случайных чисел стало принципом в написании музыки данной музыки. В 1206 году Гвидо Марцано впервые предложил данный способ. Позднее Вольфганг Амадей Моцарт уже применял его в своем творчестве, а именно в написании менуэтов, автоматизации их сочинения.

П. Булез, Я. Ксенакис, К. Шеннон, являющиеся известными композиторами создавали алгоритмические композиции. Знаменитая «Иллиак-сюита», написанная в 1957 г. была создана, прежде всего, компьютером, а соавторами явились композитор Лейярен Хиллер и программист Леонард Айзексон. Три части данного произведения характеризуются строгим стилем, а четвертая часть написана с применением математических формул, которые не имеют связи с музыкальными стилями. Французские композиторы П. Булез и Я. Ксенакис использовали в своей практике специальные программы, которые создавали специально к каждому конкретному произведению. Первым таким сочинением, которое демонстрировало алгоритмический метод, явилось «Метастасис» Я. Ксенакиса, написанное в 1954 году.

Российские ученые и исследователи также внесли свой вклад в развитие музыкальных компьютерных технологий:

Лев Сергеевич Термен – создатель семейства музыкальных инструментов, самый известный из которых — терменвокс;

Евгений Александрович Мурзин – создатель первого в мире электронного синтезатора;

Александр Моисеевич Володин – русский сценарист и драматург: являются создателями уникальных средств синтеза звук.

А. Тангян, являясь сотрудником вычислительного центра АН СССР, работал над проблемами распознавания и автонотировки. Первый и единственный ученый, который занимался проблемой алгоритмического сочинения музыки в нашей стране, был советский музыкант и математик Рудольф Зарипов, который занимался анализом и генерацией нотных текстов. Свои сочинения он записывал на машине «Урал». Детально прописанные процессы для различных элементов музыкальной фактуры, которые включали в себя форму, ритм, звуковысотность, стали основой его алгоритмов. Для составления таких мелодий, Зарипов вывел целый набор математических правил. Мелодии, в своем большинстве, представляли собой одноголосную партию марша или вальса и носили название «Уральские напевы».

Два совершенно разных подхода были разработаны для работы в области музыкальных компьютерных технологий. Первый подход определяет управление параметрической моделью звука, партии, произведения, второй же – с оперированием аналога реального объекта. Первый подход помогал добиться максимального правдоподобия в синтезе тембров. Здесь решалась такая задача, как оптимизация параметров синтеза и исполнительского управления. Во втором случае разрабатывались методы оперирования реальным звуком, а также проводилась работа над проблемами звуковых волн, которые включают в себя компрессию и декомпрессию данных. Каждый из подходов имеет свои преимущества, а также недостатки, находятся в постоянном развитии. Для инженера более интересны параметрические модели объектов, так как они лучше подходят для трансформации и оперирования. Рассмотрев исследования в области психологии восприятия находим, что процесс распознавания образов контролируют пороги достоверности, а также механизмы восстановления образов. Человек без музыкального слуха на сегодняшний момент уже не сможет отличить синтезированный звук фортепиано от настоящего, так как не обладает высоким порогом достоверности. Считается, что параметрическое моделирование – будущее музыкально-компьютерных технологий.

Сегодня существует множество компьютерных программ, которые основаны на трех основных методах, таких как стохастический, метод фиксированного алгоритма и систем с искусственным интеллектом.

Первый метод (стохастический) основан на генерировании произвольных серий звуков либо музыкальных отрывков, и может быть реализован как с применением компьютера, так и без него. Стохастический метод был использован в творчестве немецкого композитора Карлхайнца Штокхаузена.

Алгоритмический метод представляет собой набор неких алгоритмов, которые реализуют замысел композитора. Алгоритм может быть представлен либо композиционной техникой, либо моделью, которая генерирует звук, а также объединением этих двух функций.

Одной из уникальных систем программирования звука является такая программа, как CSound. Это основной инструмент для музыкантов-элетроакустиков. Данная программа может использовать практически любой тип синтеза и обработки звука, включая FM, AM, субтрактивный и аддитивный синтез, физическое моделирование, ресинтезис, гранулярный, а также любой другой цифровой метод. На основе данной программы было создано большое количество других систем, таких как AC Toolbox, Cybil, Silence и др. Для музыканта-композитора для создания сочинений с использованием данных программ несколько затруднительно, так как требует навыков и знания программирования (процессу создания компьютерных программ). Для работы в программах необходимо записать команды в два текстовых файла. Первый файл включает в себя описание самого тембра (инструмента), а во втором находится собственно сама партитура. Программа включает в себя множество операторов, из которых складывается программируемое звуковое пространство.

Одной из популярных и востребованных программ виртуальных инструментов и создания алгоритмов интерактивного исполнения является программа MAX/MSP, которая была разработана парижским исследовательским Институтом электронной музыки (IRCAM – открыт Пьером Булезом в 1977 году). Выполнена программа в виде приложения с объектно-ориентированным пользовательским интерфейсом. Возможностями данной среды является создание интерактивной музыки, где с помощью MIDI-интерфейса, написанный заранее программный модуль взаимодействует с исполняемой музыкой. Благодаря данной программе звучание одной и той же пьесы в разное время, на разных площадках будет разным, при этом алгоритм взаимодействия компьютера и исполнителя остается неизменным. В современном мире программу используют многие крупные композиторы такие, как Дрор Фейлер и Ричард Буланже.

Следующим базовым методом, на котором основаны программы, является применение систем, в основе которых заложен искусственный интеллект. Главной их особенностью является способность к обучению. Здесь создаются композиции, которые обладают тонкостью, чувством, а также интеллектуальной притягательностью. В результате программирования созданный алгоритм может быть двух видов:

* автономной, искусственно созданной музыкальной системой;
* основанной посредством анализа творчества какого-либо композитора.

Проанализировав какое-либо произведение, выводим основной набор правил данного композитора, инструкций по тематическому, тембровому, фактурному развитию. В итоге получается, что программа выдает продукт, несущий в себе печать техники данного композитора.

В современном мире любой механизм не способен превзойти человеческий разум и превратить свой продукт в искусство. Он не может самостоятельно порождать мысли, чувства, эмоции. Любая система, доведенная до идеальной степени совершенства, не сможет превратиться в гениального или талантливого композитора, не сможет обрести то неуловимое, что всегда будет разграничивать живую и неживую природу. Однако в руках талантливого композитора она избавляет от потери большого количества времени на построения, технологические расчеты, которые постоянно усложняются в нарастающей прогрессии по мере расширения сферы выразительных средств музыки.

Таким образом, компьютер сегодня открывает огромные возможности для творческого поиска музыканта. В музыкальном мире компьютер удостоен быть отличным помощником, советчиком и учителем. Перечисляя достоинства музыкального компьютера важно отметить такие возможности, как:

* звуковая запись;
* нотная запись, их редактирование и печать;
* запись, редактирование и дальнейшее исполнение нотных партитур при помощи внешних синтезаторов, а также компьютерных звуковых карт;
* оцифровка звуков, шумов, имеющих различную природу, дальнейшая их обработка, а также преобразование с помощью программ секвенсоров;
* гармонизация и аранжировка готовой мелодии с применением выбранных музыкальных стилей, возможностью их редактирования и создания новых;
* сочинение мелодий на случайной основе путем последовательного выбора музыкальных звуков;
* управление звучанием электронных инструментов путем введения определенных параметров до начала исполнения;
* запись партий акустических инструментов и голосового сопровождения в цифровом формате с последующим их хранением и обработкой в пpогpаммах-pедактоpах звука;
* программный синтез новых звучаний при помощи математических алгоритмов;
* запись звуковых файлов.

Все вышеперечисленные возможности музыкального компьютера позволяют использовать его не только в области музыкального образования, но и в профессиональном творчестве композиторов, звукорежиссеров, аранжировщиков [20].

Рассмотрим историю появления такого инструмента, как синтезатор. Почти столетие назад американский инженер и изобретатель Лоуренс Хэммонд(Lawrence Hammond) изобрел новый музыкальный инструмент, который использовал в своей работе электродвигатель.



Новый инструмент отличался от фортепиано тем, что вместо струн и молоточков здесь вращались диски. Звук снимался электромагнитом, то есть был применен принцип формирования звука подобный акустическому. Инструмент был назван по фамилии создателя – **Hammond**. Это был первый инструмент, который воспроизводил звучание органа.

Образцом другого электропиано стал инструмент **Rhodes**, который появился во время Второй мировой войны. Источником звука данного электропиано явилась металлическая пластина, подобная камертону. Пластины размещались в корпусе инструмента и приводились в движение молоточками, а колебания фиксировались звукоснимателями. Считается, что именно эти два инструмента – **Rhodes** и **Hammond** – положили начало истории развития синтезаторов.

Первые аналоговые синтезаторы были монофоническими, то есть одновременно могла воспроизводиться только одна нота. Со временем им на смену пришли полифонические синтезаторы.

Синтезатор – не просто клавишный инструмент. Для воспроизведения разнообразных звуков можно использовать различные регуляторы, которые преобразуют звуковую волну. Самым оригинальным синтезатором можно смело считать **терменвокс**, чьим создателем является наш соотечественник **Лев Термен**. Благодаря чувствительным датчикам, улавливающим положение руки исполнителя вблизи инструмента, его звук получается необычайно тонким и певучим. Инструмент был на долгое время забыт, но сейчас его популярность снова набирает силу.

Со временем аналоговые синтезаторы заменяют на цифровые – потребителя привлекает современный внешний вид цифрового синтезатора и его функционал. История цифровых синтезаторов продолжается до сих пор. Наиболее популярными моделями считаются **KORG TRITON**, **Roland JUNO-D**, **Yamaha MOTIF**.

В 1990-х годах наступило время цифровой звукозаписи. Отодвигая на второй план грампластинки и магнитофонные ленты в работе стали использовать компакт-диски. Студии записывают звуковые файлы на цифровые носители, и теперь катушечные магнитофоны больше не используются. Готовую запись обрабатывают на музыкальных компьютерах. Это послужило толчком к появлению виртуальных синтезаторов, процессоров эффектов, а также программ для обработки звука. Даже человеческий голос был синтезирован настолько правдоподобно, что не каждый человек смог бы отличить копию от оригинала. Струнные, клавишные, духовые, ударные инструменты доступны в качестве приложения к редактору записи. Звуки хранятся в огромных виртуальных библиотеках семплов, которые постоянно пополняются. Наиболее значимые в мире современной звукозаписи редакторы – это ProTools от компании Digidesign, Apple LogicStudio, Steinberg Cubase и Reason от Propellerheads. Среди музыкантов-любителей, а также профессионалов популярен виртуальный синтезатор Drum kits from Hell, который содержит интересную подборка сэмплов и позволяет создавать качественные барабанные партии.

В стремлении объединить музыкальные процессы в один, разработчики включают виртуальный синтезатор в качестве приложения для профессиональных музыкальных редакторов.

Синтезом звука являются различные методы его генерации. Рассмотрим основные методы.

1. **Аддитивный метод** (метод сложения) – основан на утверждении Фурье о том, что любое периодическое колебание можно представить в виде суммы чистых тонов. Звук образуется путем сложения двух и более простых волн. Этот метод стал основой для создания звука в духовом органе. Достоинством данного метода можно назвать получение любого периодического звука, а также и то, что процесс синтеза хорошо предсказуем. Недостатком же является то, что для звуков сложной структуры могут потребоваться сотни генераторов, что достаточно сложно и дорого реализовать.
2. **Разностный метод** – обратно противоположен аддитивному. В его основе положена генерация звукового сигнала с богатым спектром с последующей фильтрацией. По такому же принципу речевой аппарат человека. К достоинству данного метода можно отнести относительно простую реализацию и довольно широкий диапазон синтезируемых звуков. Данный метод используется во множестве студийных и концертных синтезаторов. Недостаток разностного метода: для синтеза звуков со сложным спектром требуется большое количество управляемых фильтров, которые достаточно сложны.
3. **Частотно-модуляционный метод.** В основу данного метода положена взаимная модуляция по частоте между несколькими синусоидальными генераторами. Генераторы, снабженные собственным формирователем амплитудным и частным вибрато, а также амплитудной огибающей, называются операторами. Все способы соединения определенного количества операторов (когда сигналы с выходов одних управляют работой других), именуются алгоритмами синтеза. Способы соединения могут быть различными: соединенные параллельно, либо последовательно, а также параллельно-последовательно и в любых других сочетаниях. Операторов также может быть различное количество. Все это алгоритмы синтеза, которые дают бесконечное множество возможных звуков.

Частотно-модуляционный метод получил широкое распространение в студийной и концертной практике благодаря простоте цифровой реализации. Но практическое использование данного метода достаточно сложно, так как большая часть звуков, которые получаются с его помощью, представляют собой шумоподобные колебания, и достаточно лишь слегка изменить настройку одного из генераторов, чтобы чистый звук превратился в шум.

4. **Семплерный метод** записывает реальное звучание, которое позже воспроизводится в нужный момент времени. Чтобы получить звуки разной высоты воспроизведение либо замедляется, либо ускоряется, а при неизменной скорости применяется расчет промежуточных значений отсчетов. Для того, чтобы тембр звука не менялся слишком сильно при сдвиге высоты, используется несколько записей звучания через определенные интервалы. Раньше в семплерных синтезаторах звуки записывались на катушечный магнитофон. Сейчас применяется цифровая запись звука.

Достоинством данного метода является точное воспроизведение звучания реального инструмента, запись звучит естественно, при условии сохранения параметров. Недостатками становятся необходимые для работы большие объемы памяти и падение естественности звука при попытке придать записи другую амплитудную огибающую.

1. **Таблично-волновой метод** является разновидностью семплерного метода. С помощью данного метода идет запись отдельных фаз звучания, которые включают в себя атаку, начальное затухание, среднюю фазу и концевое затухание. Данный метод позволяет сократить объем памяти необходимый для хранения семплов. Все фазы записываются на различных частотах и при различных условиях, в результате чего получается семейство звучаний одного инструмента. При воспроизведении записи, фазы нужным образом составляются, что дает возможность при небольшом объеме семплов получить достаточно широкий спектр различных звучаний инструмента, а главное — заметно усилить выразительность звучания. В зависимости от силы удара по клавише синтезатора выбирается не только нужная амплитудная огибающая, как делает любой синтезатор, но и нужную фазу атаки.

Основной проблемой таблично-волнового метода является сложность сопряжения различных фаз друг с другом для цельного и непрерывного звучания. Данный метод также используется в синтезаторах звуковых карт ПК, однако его возможности там сильно урезаны.

1. **Метод физического моделирования.** Один из крайне сложных по точности моделирования, отличающийся большим объемом необходимых вычислений. Данный метод заключается в моделировании физических процессов, которые определяют звучание настоящего инструмента на основе заданных параметров. На сегодняшний момент, данный метод используется с помощью студийных и экспериментальных синтезаторов. Ожидается, что метод физического моделирования в скором будущем заменит все известные методы синтеза звучаний акустических инструментов, оставив им только задачу синтеза не встречающихся в реальной жизни тембров [30].

**1.3. Обработка звука и ее виды: амплитудная, частотная, пространственная**

В случае возникновения необходимости изменения каких-либо характеристик звука, аранжировщики преобразуют звук, то есть занимаются его обработкой. Различные преобразования помогают создать многообразные звуковые эффекты, очищают звук от нежелательных шумов, помех, изменяют его тембр. Рассмотрим известные преобразования более подробно.

**Амплитудные преобразования**. При выполнении различных действий над амплитудой сигнала получаются амплитудные преобразования. К приборам, которые выполняют данные преобразования, относятся такие устройства, как *компрессор, лимитер, экспандер и гейт.*



*Прибор динамической обработки*

Рассмотрим подробно каждый из них:

*Компрессор* – устройство, выполняющее автоматическое ослабление громкости звука, в случае, когда сигнал превышает пороговый уровень громкости. Составляющие компрессора, поддающиеся регулировки:

1. порог – параметр, задающий определенный уровень громкости, при превышении которого, устройство начинает обработку;
2. глубина компрессии – параметр, который отвечает, насколько будет ослаблен сигнал;
3. время атаки – промежуток времени, по истечению которого, начнется ослабление сигнала, превысившего пороговое значение, компрессором;
4. время восстановления – промежуток времени, в течение которого, сигнал, обработанный компрессором, будет возвращен в начальное значение уровня громкости;
5. выходной уровень – это регулятор, с помощью которого усиливается выходной сигнал, ослабленный в процессе обработки компрессором.

Устройство *«лимитер»* предназначается для того, чтобы не позволить данному сигналу превысить установленный уровень громкости, который установил компрессор.

*Экспандер.* Данное устройство работает аналогично компрессору, только в противоположном значении. Компрессор ослабляет данный звуковой сигнал, а экспандер наоборот усиливает его. Если компрессор ослабляет звуковой сигнал, то экспандер его усиливает. Сигнал, который превысил пороговое значение, будет усилен экспандером еще больше. Данное действие необходимо для увеличения разницы между громкими и тихими звуками.

Динамическое устройство *«гейт»* способно обрезать любой сигнал, уровень которого ниже установленного уровня. Обычно гейт используется для удаления шумов в паузах, а также обрезает «хвосты» звуковых сигналов.

Также отметим, что такие устройства, как компрессор и экспандер, обладают возможностью регулировки времени срабатывания прибора и времени восстановления коэффициента пропускания до единицы после прекращения работы. Эти параметры влияют на результат звучания фонограммы. Например, при малом времени срабатывания, компрессор начинает свою работу практически сразу после превышения сигналом порогового значения, а при большом времени срабатывания, компрессор начнет работать через определенное время. Аналогичные действия происходят со временем восстановления.

Устройствами для динамической обработки звука необходимо пользоваться с особой осторожностью, а к их настройке подходить особенно тщательно. Возникали случаи, когда в результате неправильной настройки приборов, некорректные преобразования невозможно было устранить.

**Спектральные преобразования**. Данные преобразования выполняются над частотными составляющими звука. Фактически сигнал представляется рядом Фурье, то есть раскладывается на простейшие синусоидальные колебания различных частот и амплитуд. Затем производится обработка необходимых частотных составляющих (например, фильтрация) и обратная свертка. Сравнивая амплитудные и спектральные преобразования важно отметить, что процедура спектральных преобразований более сложная в исполнении, так как сам процесс разложения звука очень трудоемок. Рассмотрим некоторые виды частотных преобразований:

* **модуляция** – частотное вибрато, которое достигается путем частотной модуляции сигнала с небольшой частотой и воспринимается как вибрато;
* **вокодер** (сокращение от англ. «vocal coder» – кодировщик вокала) представляет собой способ модуляции сигнала с широким спектром в соответствии с формантными областями голоса. В результате таких преобразований исходный сигнал (например, звук фортепиано или виолончели) звучит подобно голосу. Звук воспринимается как говорящий или поющий инструмент. Данный эффект с успехом используют для создания «компьютерного голоса».

**Фазовые преобразования**. Чтобы выполнить данные преобразования необходимо постоянно сдвигать фазу сигнала или ее модуляцию некоторой функцией или другим сигналом. Слуховой аппарат человека использует фазу для определения направления на источник звука, поэтому фазовые преобразования стереозвука позволяют получить эффект хора. При помощи сдвига фазы на 90-180 градусов реализуется эффект «объемности» звука. Устройствами фазового преобразования являются хорус, фленджер и фейзер.

**Эффект хоруса.**



*Педаль* [***хорус Boss CH-1***](http://hitonline.ua/products/gitarnie-pedali-effektov/boss-ch-1-super-chorus.html)

Данный эффект помогает из звучания одного инструмента получить звучание нескольких. Принципом работы этого эффекта является небольшая задержка сигнала (обычно на 10-30 миллисекунд). При смешении основного канала с задержанным сигналом получается эффект, схожий с одновременным звучанием двух инструментов. Этот эффект является часто применяемым, его можно услышать в огромном количестве произведений. Множество музыкантов-исполнителей добиваются отличного звучания благодаря использованию педали хоруса.

Эффект фленжер.



***Педаль фленджер Ibanez AF-2***

Впервые данный эффект появился в конце 1960-х годов. Инженеры звукозаписи экспериментировали с двумя лентами, на которых был записан один и тот же музыкальный материал и которые воспроизводились синхронно. Нажав на диск бобины одного из магнитофонов, вращение бобины замедлилось, и нарушилась синхронизация воспроизведения. Когда же инженер отпустил бобину, запись, которую притормозили, начинала «догонять» вторую запись. Данное небольшое задержание в звучании первой записи по отношению ко второй привело к возникновению явления, которое получило название гребенчатой фильтрации. По мере перемещения гребенчатого фильтра по спектру частот звучание приобретало «охающее» и «вздыхающее» звучание. Инженеры-разработчики эффекта создали электронные устройства, которые стали называться **фленджерами**. При работе данных эффектов происходит задержка об осциллятор, а для того чтобы усилить данный эффект часть задержанного сигнала смешивается с исходным сигналом. В большинство фленжеров наряду с основными включен такой параметр, как контроль фидбэка. Фидбек – часть сигнала, которая возвращается на вход. Кроме того, многие фленджеры дают возможность управлением резонансом, предназначение которого в усилении эффекта фильтрации. Еще одна способность данного устройства заключается в создании звучания, похожего на эффект хоруса. Чтобы добиться такого звучания, необходимо установить низкие значения частоты и глубины, и среднее значение задержки. И это далеко не всё, на что способен фленджер: при желании он может продуцировать «металлический» эффект с короткой задержкой или даже шумы, похожие на рев взлетающего реактивного самолета.

Эффект фейзера.



***Педаль фейзер Dunlop MXR Phase 90***

Данный эффект называют еще эффектом сдвига фазы. В основе работы данного эффекта лежит применение осциллятора к эквалайзеру с последующим смешением отфильтрованного сигнала с исходным. При перемещении фильтра вверх и вниз по тональному спектру некоторые частоты начинают по фазе подавлять одна другую. Эффект фейзера можно сравнить с фленжером, а при определенных настройках звучание может получиться практически одинаковым, но созданное фейзерами звучание является более ярким и насыщенным. Данный эффект отличным образом используется в афроамериканской музыке, такой как фанк, ритм-энд-блюз. В качестве альтернативы эффектам хоруса и фленджера в некоторых рок-композициях.

**Временные преобразования.** Данные преобразования реализуются с помощью наложения на сигнал одной или нескольких его копий, сдвинутых во времени. Преобразования становятся фазовыми, при условии сдвига на величину, сравнимую с периодом сигнала. Так, например, чтобы получить эффект хора, сдвиг должен быть небольшим, менее 20мс., для эффекта реверберации сдвиг уже становится более заметным (20-50мс.), а эффект эха достигается сдвигом более 50мс.

Приборами временной обработки являютсяревербератор и дилей



*Прибор временной обработки*

Ревербератор является наиболее часто применяемым прибором. Сутью процесса реверберации является ослабление сигнала при многократном его отражении от препятствия. Данный прибор придает звуковому сигналу некоторую плотность и объемность.

*Дилей* — прибор временной обработки, который имитирует чёткие затухающие повторы исходного сигнала. Чтобы реализовать данный эффект к исходному сигналу необходимо добавить одну или более его копий, задержанных по времени. Эффект дилея по принципу действия напоминает эффект реверберации, отличием является то, что дилей имеет одну линию задержки и больший временной интервал (не менее 50-60 мс), который позволяет отделить оригинальный звук от эффекта на слух.



*Цифровой дилей Ibanez DE-7*

**Формантные преобразования.** Данные преобразования можно считать частным случаем частотных преобразований, которые оперируют с формантами. Форманты – это характерные полосы частот, которые встречаются в звуках, произносимых человеком. Каждому звуку соответствует свое соотношение амплитуд и частот нескольких формант. Данное соотношение определяет тембр и разборчивость голоса. Если изменить параметры формант, в результате можно получить подчеркнутые или наоборот затушеванные отдельные звуки, или, например, поменять одну гласную на другую, а также сдвинуть регистр голоса.

Рассмотрим пример работы с формантами в программе Celemony Melodyne. Здесь мы можем изменить позицию форманты всей мелодии, а также отдельных, что придаст различные тембровые характеристики записанному голосу.

Для того, чтобы изменить форманту необходимы следующие действия:

* выбираем инструмент сдвига высоты тона и режим «No Snap»;
* выделяем все ноты и сбрасываем их в первоначальную позицию, для этого выбираем меню действия «Edit Pitch» и используем подменю «Reset Pitch Center to Original»;
* снова выделяем все ноты и воспроизводим мелодию;
* вводим «-12» в поле полутона, таким образом, ноты сдвигаются на октаву ниже.

Первоначальные форманты голоса все еще остались, и слушаются довольно неприятно. Исполнитель вряд ли смог бы исполнить данную мелодию октавой ниже. Поэтому мы изменим форманты так, чтобы голос нашего певца больше походил на тенор:

* выбираем третий инструмент для изменения позиции форманты ноты;
* выделяем все ноты и воспроизводим мелодию;
* вводим «-12» в поле изменения позиции форманты.

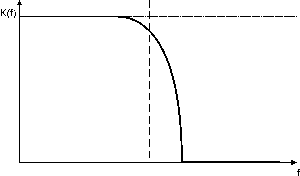
Итак, теперь мы слышим голос исполнителя на октаву ниже с исправлением позиции форманты. Звук стал более реалистичным и приятным на слух. Используя другие способы изменения форманты, мы можем экспериментально найти звук, который ожидали бы от голоса тенора, перетаскивая полоску позиции форманты в различные положения. Альтернативно, мы можем изменить форманты, щелкая на текстовом поле форманты и передвигая мышью вверх либо вниз [129].

**Фильтрация звука.** Данный способ преобразования может понадобиться, когда необходимо внести изменения или ограничения в спектр звукового сигнала в каком-то определенном частотном диапазоне. С помощью данных преобразований мы избавляемся от нежелательных шумов или помех, подавляем определенные частотные полосы. В практике устройства, записывающие звуковые сигналы и преобразовывающие их имеют нелинейную зависимость амплитуды от частоты сигнала. Это значит, что одни частотные составляющие звукового сигнала могут быть завышены, а другие занижены. Фильтрация позволяет их нормализовать в необходимом диапазоне.

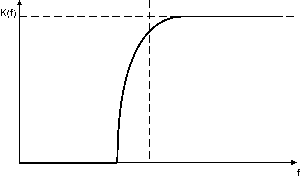
Для того чтобы охарактеризовать фильтры применяются амплитудно-частотные характеристики – АЧХ, которые представляют собой некий график зависимости коэффициента передачи K(f) (амплитуды) от частоты f. На данном графике можно увидеть, в какой из полос частот сигнал передается без изменений, а в какой сигнал будет ослаблен или пропущен вовсе.

Рассмотрим основные типы фильтров:

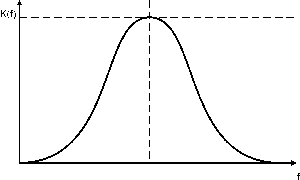
1. фильтр нижних частот (ФНЧ). Типичная АЧХ таких фильтров выглядит следующим образом:



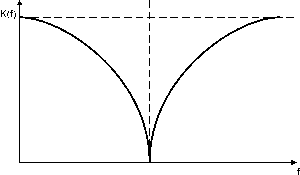
1. фильтр верхних частот (ФВЧ). Типичная АЧХ таких фильтров выглядит следующим образом:



1. полосно-пропускающие фильтры. Типичная АЧХ таких фильтров выглядит следующим образом:



1. полосно-запирающие фильтры. Типичная АЧХ таких фильтров выглядит следующим образом:



Фильтрацию можно реализовать при помощи специальных устройств и алгоритмов. Одним из наиболее известных фильтрующих устройств является эквалайзер



*Прибор частотной обработки*

Данное устройство регулирует (усиливает или ослабляет) уровень частотных составляющих в определенной полосе частот. Данные действия регулируют тембр звука.

Существует два вида многополосных эквалайзеров: параметрические и графические. Рассмотри их более подробно:

Графический эквалайзерт – устройство обработки сигнала, имеющий определенный набор частотных полос, который устанавливается производителем. С помощью каждой из данных полос мы можем ослаблять или усиливать звуковой сигнал. Графические эквалайзеры, которые применяются в профессиональных областях, обычно имеют 15 или 31 полосу на канал, и часто оснащены анализаторами спектра для удобства корректировки.

Параметрический эквалайзер – устройство частотной обработки сигнала, которое дает гораздо больше возможностей для корректировки частот, в отличие от графического. Каждая из его полос имеет три параметра, поддающихся регулировке: центральная частота, добротность и уровень усиления или ослабления выбранной полосы. С помощью данных параметров можно гораздо точнее подобрать нужную частоту и более точно её отрегулировать [117].

**Выводы по 1 главе**

В первой главе мы рассмотрели определения и характеристики таких понятий как: «синтез», «звук», «акустика». Выявили, что звук представляет собой распространение механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде в виде [упругих волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B). Определили, что акустика является наукой, изучающей звук, как физическое явление. Музыкальная акустика исследует динамику, высоту, а также тембр музыкальных звуков, который можно определить амплитудой колебаний обертонов.

Характеризуя существующие устройства для улучшения качества звука, такие как гармонайзер и эксайтер, мы рассмотрели их особенности, которые показали, что гармонайзер является генератором гармоник, и основное его предназначение заключается в добавлении дополнительных партий к основному, входному сигналу. Эксайтер же, как гармонический возбудитель, является психоакустическим процессором.

Мы выявили, что обработка представляет собой изменение существующего звука для получения абсолютно нового, или для усиления (нивелирования) отдельных его качеств.

Был рассмотрен исторический аспект истории развития синтеза звука. Особое внимание уделено современному состоянию тех средств синтеза звука, которые используют сегодня.

Анализируя различные виды обработки звука, мы обратили внимание на амплитудные и спектральные преобразования, формантные и временные преобразования, фильтрацию звука, а также устройства и приборы, необходимые для каждого из преобразований.

В современном мире компьютер открывает огромные возможности для творческого поиска музыканта. В музыкальном мире компьютер является отличным помощником, советчиком и учителем. Перечисляя достоинства музыкального компьютера важно отметить такие возможности, как:

* звуковая запись;
* нотная запись, их редактирование и печать;
* запись, редактирование и дальнейшее исполнение нотных партитур при помощи внешних синтезаторов, а также компьютерных звуковых карт;
* оцифровка звуков, шумов, имеющих различную природу, и дальнейшая их обработка, преобразование с помощью программ секвенсоров;
* гармонизация и аранжировка готовой мелодии с применением выбранных музыкальных стилей, возможностью их редактирования и создания новых;
* сочинение мелодий на случайной основе путем последовательного выбора музыкальных звуков;
* управление звучанием электронных инструментов путем введения определенных параметров до начала исполнения;
* запись партий акустических инструментов и голосового сопровождения в цифровом формате с последующим их хранением и обработкой в пpогpаммах-pедактоpах звука;
* программный синтез новых звучаний при помощи математических алгоритмов;
* запись звуковых файлов.

Все вышеперечисленные возможности музыкального компьютера позволяют использовать его не только в области музыкального образования, но и в профессиональном творчестве композиторов, звукорежиссеров, аранжировщиков.

**Глава 2. Пути художественного применения средств синтеза и обработки звука на занятиях по классу синтезатора**

**2.1. Возможности современных синтезаторов в формировании новых и трансформации имеющихся тембров**

Сложилось мнение, что такой инструмент, как синтезатор является неким электронным аналогом фортепиано. Однако, единственное сходство, которое связывает эти два инструмента, является расположение клавиш на клавиатуре. Безусловно, имея навыки игры на фортепиано и активно применяя в своей творческой деятельности компьютерные технологии, освоение синтезатора не станет слишком сложной задачей. Но синтезатор является многофункциональным и многоплановым инструментом, поэтому воспринимая его как машину с фортепианной клавиатурой, с помощью которой можно воплотить в жизнь все творческие замыслы исполнителя, является частым заблуждением.

Начинающие исполнители, для восприятия и чтения нотного текста используют традиционные приемы, которые не являются единственно применимыми, работая с синтезатором. Занимаясь на данном инструменте, необходимо уметь и быть готовым самостоятельно преобразовывать звуковое пространство, используя для этого специфические методы и средства. И.М. Красильников подчеркивает, что «огромный художественный потенциал электронных инструментов требует от их пользователя переосмысления нотного текста — его нужно переложить, аранжировать для этих инструментов в соответствии с особенностями каждого из них» [64,13].

Доказательством вышеизложенного являются указания исследователей на необходимость развития новых для музыканта способностей «оперативно и качественно работать с музыкальной информацией на базе нового инструментария, анализировать и обрабатывать полученные результаты, обосновывать принятые решения в творческой деятельности, исходя из имеющейся музыкальной информации» [145]. Таким образом, можно утверждать, что для полноценной игры на синтезаторе необходимо развивать специфическое исполнительское мышление музыканта.

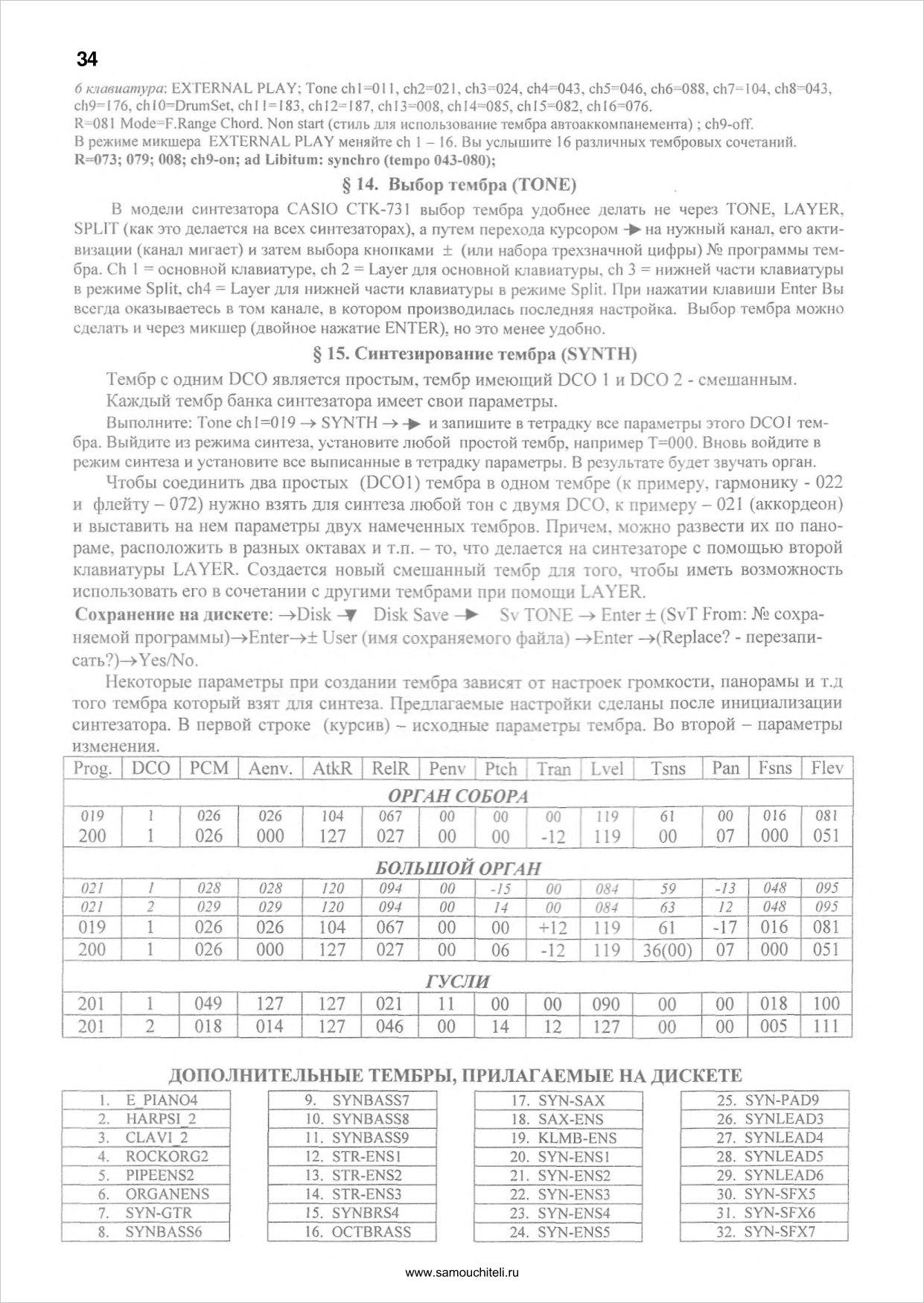
Следующей особенностью электронного клавишного синтезатора является высокое проявление познавательной активности обучающихся и повышение уровня их положительного отношения к инструментально-исполнительской деятельности, в том числе сценическим выступлениям. Сами дети связывают это с тем, что на синтезаторе даже несложные исполнительские действия могут привести к яркому звуковому и художественному результату. Это еще раз подтверждает высказывание И.М. Красильникова о том, что «техника игры на синтезаторе гораздо проще, а выразительные функции звучания количественно и качественно возрастают по сравнению с традиционными инструментами» [66]. Учитывая богатые функциональные возможности синтезатора, владение данным инструментом помогает усовершенствовать исполнительскую, теоретическую, а также методическую подготовку учащихся, и, конечно, повысить уровень музыкальной культуры в целом.

Работа с синтезатором, которая включает в себя изучение функциональных особенностей инструментов, создание аранжировок, работа над звуковым спектром и синтезом, а также освоение необходимых музыкально-компьютерных программ, является весьма трудоёмким процессом, который отнимает значительное количество времени.

Современный электронный синтезатор открывает перед исполнителем множество возможностей. Рассмотрим наиболее важные из них.

1. Создание ***аранжировки*** музыкального произведения возможно в различных стилях и жанрах, а также с применением множества тембров как акустических, так и электронных музыкальных инструментов. Разнообразие тембров, встроенных в синтезатор, способствуют развитию тембрового слуха, а также общего музыкального кругозора обучающихся. Тембры могут быть сдвоенные или передающие ансамблевое звучание, их используют как по отдельности, так и в различном их сочетании. Правильно подобрав тембр, даже не сложное произведение можно воспроизвести как звучание небольшого инструментального ансамбля.
2. Применение функции ***автоаккомпанемента***. Использование данной функции в работе над инструментальными пьесами помогает облегчить техническую сторону, а также вносит яркое, насыщенное звуком исполнение. Данная функция применятся для создания аранжировок хорошего качества.
3. Запись ***фонограммы.*** Данная функция может стать отличным помощником для вокалистов.
4. Возможность ***синтеза*** звука. Данный инструмент предполагает не только воспроизведение уже имеющихся стилей и тембров, но и дает возможность создания своих собственных, пользовательских стилей и тембров. Пользователь может редактировать предусмотренные стили или тембры, изменять многочисленные звуковые параметры, применять различные звуковые эффекты.

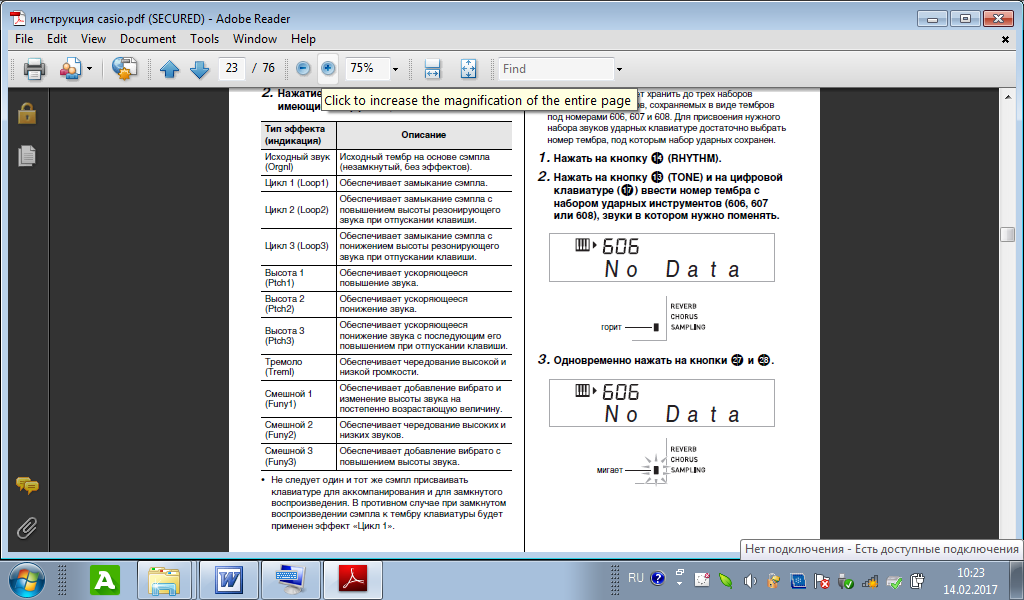
Чтобы соединить два простых тембра в одном, например гармонику (022) и флейту (071), необходимо взять за основу любой тон с двумя DCO (Digitally Controlled Oscillator – осцилляторы (системы, совершаемые колебания), контролируемые цифровым образом)(например аккордеон – 021) и выставить в нем параметры двух намеченных тембров. Также можно развести их по панораме или расположить в разных октавах и т.д. Все это делается на синтезаторе с помощью второй клавиатуры LAYER. Некоторые параметры при создании тембра зависят от громкости, панорамы и т.д. того тембра который взят для синтеза. В первой строке (курсив) – исходные данные тембра, во второй – параметры изменения.



[111,34].

Используя на уроках синтезатор Casio CTK-4200, включаем в программу урока изучение всего функционала инструмента, связанного с обработкой звука.

1. **Наложение двух тембров** (при нажатии на клавишу звучат два, выбранных нами тембра). Нажимаем на кнопку «TONE» и на цифровой клавиатуре выбираем первый нужный тембр. Далее нажимаем на кнопку «LAYER». На цифровой клавиатуре вводим значение второго нужного тембра. Теперь оба тембра звучат одновременно. Для отмены наложения тембров, повторно нажимаем кнопку «LAYER».
2. **Разделение клавиатуры на два тембральных регистра.** Данная функция позволяет присваивать разные тембры правой и левой частям инструмента, при этом создаётся впечатление игры дуэтом на разных инструментах. Сначала выбираем тембр для правой части клавиатуры: нажимаем на кнопку «TONE» и на цифровой клавиатуре выбираем нужный тембр. Далее нажимаем кнопку «SPLIT», и на цифровой клавиатуре выбираем нужный тембр для левой части клавиатуры. Для отмены разделения клавиатуры нажимаем на кнопку «SPLIT» ещё раз. Чтобы переместить точку разделения клавиатуры необходимо нажимая на кнопку «SPLIT», нажать на клавишу, которая должна стать точкой разделения.
3. **Реверберация.** Данная функция добавляет к звуку эффект эхо. Продолжительность реверберации регулируется. После нажатия кнопки «FUNCTION» с помощью клавиш 4 и 6 цифровой клавиатуры выводим на дисплей пункт «Reverb». Клавишами «+» и «–» выбираем нужный уровень реверберации.
4. **Хорус.** Функция, которая придаёт звукам глубину и ширину, создаёт впечатление игры сразу на нескольких инструментах. Нажимаем кнопку «FUNCTION» и с помощью клавиш 4 и 6 цифровой клавиатуры выводим на дисплей пункт «Chorus». Клавишами «+» и «–» выбираем нужный тип хоруса.
5. **Применение педали**. Для выбора эффекта педали нажимаем кнопку «FUNCTION» и с помощью клавиш 4 и 6 цифровой клавиатуры выводим на дисплей пункт «OTHER», далее нажимаем клавишу «ENTER» и с помощью клавиш 4 и 6 цифровой клавиатуры выводим на дисплей пункт «Jack». Клавишами «+» и «–» выбираем нужный эффект педали:
   * задержка (SUS) – продлевает звуки, извлекаемые при нажатой педали. У тембров органа и им подобных задержка звуков происходит и без нажатия на педаль;
   * состенуто (SoS) – продлевает звуки, звучащие при нажатии на педаль, до момента отпускания клавиш.
   * модератор (SFt) – несколько смягчает звуки, извлекаемые при нажатой педали;
   * стиль (rHy) – при нажатии на педаль происходит включение и остановка воспроизведения автоаккомпанемента или композиции.
6. **Создание звуковых сэмплов.** Синтезатор позволяет создавать звуковой сэмпл путём записи звука, поступающего с микрофона, переносного аудиоплейера или иного устройства, и впоследствии извлекать его нажатием на клавиши клавиатуры. Так, можно создать сэмпл лая своей собаки и играть этим звуком мелодии. Можно также сэмплировать и использовать пассажи с диска. Функция сэмплирования – отличное средство для создания новых звуков, расширяющих творческие возможности. Для начала необходимо подключить внешнее устройство к синтезатору. Память синтезатора рассчитана на пять сэмплов под номерами 601-605. Для присвоения нужного звука клавиатуре достаточно выбрать номер тембра, под которым звук сохранен. Чтобы создать звуковой сэмпл нажимаем кнопку «TONE» и на цифровой клавиатуре вводим номер тембра, под которым будет сохранен звуковой сэмпл. Далее одновременно нажимаем на кнопки «SAMPLING» - инструмент переключается в состояние готовности к записи сэмпла (в секундах). Запись сэмпла начинается автоматически. При низкой громкости звука, поступающего на микрофон, запись сэмпла не включается. После прекращения звучания сэмплируемого звука одновременно нажимаем две кнопки, объединенные надписью «SAMPLING». Если кнопки не нажимать, то запись сэмпла завершится автоматически, когда с микрофона или внешнего устройства перестанет поступать звук, а также через 10 секунд после начала.
7. **Применение эффектов к сэмплу.** К сэмплам можно применять различные эффекты. Для этого нажимаем кнопку « TONE» и на цифровой клавиатуре вводим номер тембра (601-605), к которому нужно применить эффекты. Нажатием на кнопку «TONE» перебираем имеющиеся эффекты:



**2.2. Педагогический опыт применения средств синтеза и обработки звука с учащимися ДШИ**

Для выявления пути художественного применения средств синтеза и обработки звука на занятиях по классу синтезатора и получения результатов внедрения собственных наработок нами был проведена экспериментальная проверка.

**Цель эксперимента** – апробировать эффективность методических приёмов и способов приобщения учащихся к процессу синтеза об обработки звука в развитии их творческих способностей.

**Задачи эксперимента:**

1. выбрать необходимые и достаточные приёмы и способы для эффективности процесса обучения;
2. актуализировать творческую составляющую процесса;
3. разработать анкету, позволяющую выявить необходимые для экспериментальной проверки знания и умения детей;
4. выявить наличие творческой составляющей учеников.

Эксперимент проходил в три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный. Эксперимент проводился в течение учебного года и входил составной частью в единый процесс учебно-воспитательной работы образовательного учреждения.

Для проведения исследования было сформировано две группы: экспериментальная и контрольная. Обучающиеся не отбирались, в состав вошли все ученики, занимающиеся в классе. Всего в эксперименте принимали участие 14 школьников младшего и среднего возраста (2-4 год обучения). В каждую группу вошло по 7 человек. В экспериментальной группе обучение было направлено на формирование творческих способностей обучающихся с акцентом на применение средств синтеза и обработки звука, а в контрольной группе такого акцента не делалось.

Экспериментальная работа проводилась на базе МКУ ДО «Детская школа искусств имени А.И. Баева» Северного района Новосибирской области на протяжении 2015-2016 учебного года. История детской школы искусств начинается в 1967 году с открытия двух классов: класса баяна и фортепиано. В 1997 году музыкальная школа была преобразована в детскую школу искусств. В 2010 году школе присвоено имя Анатолия Ивановича Баева – бывшего директора, человека, внесшего неоценимый вклад в развитие учреждения и культуры Северного района. Территориально учреждение располагается в центре села и с успехом справляется с ролью культурно-образовательного центра. За годы своего существования школа подготовила более 600 выпускников, более 50 из которых решили связать свою жизнь с искусством и продолжили профессиональное образование в высших и средних учебных заведениях. С 2007 года школа размещается в современном здании. 15 специализированных аудиторий оборудованы в соответствии с профессиональными требованиями. Школа искусств сегодня динамично развивается, совершенствуется учебный процесс, методическое обеспечение, укрепляется материально-техническая база. Эффективность обучения в ходе эксперимента выявлялась путем сравнения данных констатирующего и контрольного этапов исследования.

Представим ход и результаты **констатирующего этапа.**

**Цель данного этапа:** выявитьуровень владения детьми средствами синтеза и обработки звука.

На начальном этапе экспериментального исследования по внедрению и апробации средств синтеза и обработки звука на уроках синтезатора были поставлены следующие **задачи:**

1. определить уровень владения средствами синтеза и обработки звука учениками;
2. выявить количество детей владеющих умениями на должном уровне, на среднем и низком;
3. разработать педагогические условия для эффективного обучения детей;
4. найти методические приёмы, способствующие повышению результатов.

На первом занятии учебного года была проведена педагогическая диагностика учащихся. Урок проводился индивидуально с каждым учащимся и длился 40 минут. В диагностику были включены анкетирование учащихся, викторина на определение различных тембров, тест-игра «Тембровые прятки» и тест-игра «Незавершённая мелодия».

**Анкета** для учащихся состояла из 8 вопросов. Цель анкетирования: определить уровень мотивации к занятиям по синтезатору, теоретические знания и уровень самооценки учащихся.

1. Нравятся ли тебе уроки по классу синтезатора? *(нужное подчеркни)*: да, нет, не знаю.
2. Какие виды деятельности больше всего нравятся на уроках синтезатора *(нужное подчеркни)*: анализ произведений, размышления о музыке, музыкально-ритмические игры, изучение нотной грамоты, игра на синтезаторе, подбор стиля и тембра для определенного произведения, другие виды\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. Назови музыкальные произведения (композитор, название), которые ты запомнил из программы предыдущего класса:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Назови свое любимое музыкальное произведение. Напиши, почему оно тебе нравится? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Звучание каких музыкальных инструментов ты бы мог определить на слух *(нужное подчеркни)*: симфонический оркестр, оркестр русских народных инструментов, гусли, баян, балалайка, свирель, скрипка, виолончель, труба, флейта, барабан, колокола, фортепиано, орган, аккордеон, другие инструменты *(перечисли)*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Значение каких музыкальных терминов ты бы мог объяснить *(нужное подчеркни)*: композитор, исполнитель, слушатель, хор, оркестр, мелодия, ритм, тембр, лад, динамика, темп, регистр, ревербератор, дилей, хорус, фленджер, лимитер, эквалайзер, экспандер, гейт, фейзер, компрессор.
2. Как ты оцениваешь свои музыкальные умения и навыки (нужное – подчеркни): отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо.
3. Какие изменения ты бы внес (внесла) в содержание урока по синтезатору?

Количественная обработка данной анкеты проводилась по каждому из ее пунктов по шкале баллов:

1. полный ответ – 3 балла;
2. недостаточно полный – 2 балла;
3. частичный ответ – 1 балл;
4. нет ответа – 0 баллов.

Таким образом, высокий уровень мотивации к занятиям, отличные теоретические знания и адекватная самооценка будет соответствовать 18 – 24 баллам; незначительный уровень мотивации к занятиям по синтезатору, более менее достаточные теоретические знания и адекватная самооценка соответствует 9 – 17 баллам; низкий уровень мотивации и теоретических знаний, а также завышенная (заниженная) самооценка – от 8 баллов и ниже.

**Викторина** включила в себя 19 различных тембров. Цель викторины заключалась в выявлении уровня развития тембрового слуха и определении инструментального звучания. Все тембры проигрывались последовательно на примере гаммы:

* орган;
* аккордеон;
* виолончель;
* скрипка;
* фортепиано;
* барабан;
* саксофон;
* баян;
* свирель;
* флейта;
* труба;
* балалайка;
* арфа;
* клавесин;
* гитара;
* контрабас;
* тромбон;
* дудка;
* гобой.

Критерии оценки:

1. низкий уровень развития тембрового слуха – правильное определение менее 10 тембров из предложенных;
2. средний уровень – определение от 10 до 15 тембров;
3. высокий уровень – определение от 16 до 19 тембров.

**Диагностика чувства тембра.** Тест-игра «Тембровые прятки».

Цель: выявление уровня развития тембрового слуха по показателю адекватно дифференцированного определения инструментального звучания одной и той же мелодии. На синтезаторе проигрывается музыкальный фрагмент со сменой тембра, имитирующий:

* струнный смычковый инструмент;
* деревянный духовой инструмент;
* медный духовой инструмент;
* фортепиано;
* дуэт инструментов;
* оркестр.

Ученикам предлагается прослушать музыкальные фрагменты в различных исполнениях и определить тембровое звучание музыки.

Критерии оценки:

1. низкий уровень развития тембрового чувства – адекватное определение только однородных тембров (1 балл);
2. средний уровень – адекватное определение однородных тембров и смешанных тембров (2 балла);
3. высокий уровень – адекватное определение различных тембровых соотношений в исполнении предъявленного музыкального фрагмента (3 балла).

**Диагностика чувства музыкальной формы.** Тест-игра «Незавершённая мелодия».

Цель: выявить уровень развития чувства завершённости (целостности) музыкальной мысли.

Ученикам предлагалось прослушать несколько мелодий и определить, какие из них прозвучали полностью, а какие «спрятались» раньше времени.

Стимулирующий материал строится в следующем порядке:

1-я мелодия – не доигрывается последний такт;

2-я мелодия – доигрывается до конца;

3-я мелодия – не доигрывается последняя фраза мелодии;

4-я мелодия – прерывается на середине второй фразы (из четырёх);

5-я мелодия – доигрывается до конца.

Критерии оценки:

1. слабый уровень развития чувства завершенности – правильно определены 1-2 пункта (1 балл);
2. средний уровень – правильно определены 3-4 пункта (2 балла);
3. высокий уровень – правильно определены все 5 пунктов (3 балла).

По результатам педагогической диагностики все данные были объединены в таблицу:

**Таблица 1. Констатирующий этап эксперимента**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Экспериментальная группа | | Контрольная группа | |
| Уровни: | Знания учащихся (анкета, музыкальная форма) | Тембровое развитие (викторина, «тембровые прятки») | Знания учащихся (анкета, музыкальная форма) | Тембровое развитие (викторина, «тембровые прятки») |
| Высокий | 1 чел. | 2 чел.  0 чел. | 2 чел. | 1 чел.  1 чел. |
| Средний | 2 чел. | 2 чел.  4 чел. | 2 чел. | 3 чел.  2 чел. |
| Низкий | 4 чел. | 3 чел.  3 чел. | 3 чел. | 3 чел.  4 чел. |



По результатам первичной диагностики было установлено, что в обеих группах оказались дети трех уровней – низкого, среднего, высокого.

Следующим шагом явилось формирование поэтапного плана работы с учащимися экспериментальной группы, с акцентом на синтез и обработку звука.

На **формирующем этапе эксперимента** осуществлялось внедрение модели процесса работы со звуком в учебно-воспитательном процессе и проверка ее эффективности.

**Модель процесса работы со звуком на уроках синтезатора**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Педагог** | **Педагогическая поддержка** | **Ученик** |
| 1. Функции педагога: диагностика, планирование, коммуникативная и методическая деятельность, контрольно-аналитическая и коррекционная деятельность.  2.Содержание деятельности: образование и воспитание подрастающего поколения.  3.Формы деятельности: комплекс индивидуальных, групповых и массовых форм занятий.  4.Средства деятельности: индивидуальные занятия, беседы, музыкально-игровое развитие, викторины, тренинги. | 1. Продвижение в обучении *-* обеспечение интереса учащихся к занятиям, расширение связи ребенка с социумом, оценка своих возможностей и достижений.  2. Партнёрство, стимулирование  самостоятельной работы, положительное отношение к себе, делу, людям в обучении.  3. Межличностная коммуникация – овладение способами организации деятельности, развитие умений, навыков, накопление и освоение социального и трудового опыта в концертной деятельности. 4.Обеспечение интеллектуального,  эмоционального, нравственного выбора, индивидуальный образовательный маршрут, включающий в себя такую педагогическую работу как:   * развитие тембрового слуха в процессе создания тембровых микстов в работе над аранжировкой; * формирование пространственного и фактурного мышления в процессе применения различных видов реверберации; * развитие музыкально-образного мышления в процессе эмпирического поиска эффектов звучания, соответствующих характеру музыки; * совершенствование исполнительских навыков с применением различных функций педали синтезатора; * развитие музыкально-ассоциативного мышления путем применения в аранжировке семплов. | 1.Интеллектуальный  опыт, положительное отношение к учению, овладение знаниями, умениями и навыками, самообразование.  2. Опыт деятельности работы до проявления волевых качеств; музыкальная старательность, проявление внимания.  3.Взаимоотношения с педагогом, товарищами, желание работать сообща, самопознание. |

Начиная работу со звуком, в процессе обучения на уроках синтезатора постепенно включаем в работу звуковые возможности нашего инструмента:

1. наложение двух тембров: данная функция инструмента развивает тембровый слух учащегося;
2. применение реверберации: формирует пространственное и фактурное мышление учащихся;
3. применение хоруса: развивает музыкально-образное мышление;
4. подключение и применение педали: совершенствует исполнительские навыки;
5. создание звуковых сэмплов и их использование: развивает музыкально-ассоциативное мышление.

В работе над белорусской народной песенкой «Перепёлочка» с ученицей 2 класса, для создания подходящего звучания мелодической линии использовали функцию синтезатора для обработки звука «наложение двух тембров». Принимая во внимание характер произведения и его стилистические особенности для данного произведения, был создан новый тембр: 031 Hps&Str и 001 St.GrPno.

Для произведения М.Хилла и П.Хилла «С днем рождения» был применен эффект хорус. Произведение стало более эффектным и торжественным. Функционал произведения: RHYTHM Waltz (051), TONE St.BrPno (002), эффект Chorus, интенсивность 4.

Для русской народной песни «Два весёлых гуся» был создан новый тембр, состоящий из 032 (E.Piano) и 097 (FullDrwb) путем наложения двух тембров. Клавиатура была разделена со смещением точки разделения до ноты «до» второй октавы. Таким образом, 1 куплет исполнялся в 1 октаве и новым тембром (601), а реприза (2 куплет) во второй октаве, но уже другим звучанием 120 (Acordon2).

С учеником 4 класса в произведении А. Петрова «Я шагаю по Москве» был использован стиль 058 (GrmnMarch), тембр 218 (Orch.Str), воспроизведение осуществлялось в темпе 100. В данном произведении была применена функция реверберации, интенсивность 3, благодаря которому звук наполнился эффектом эхо, как бы напоминая слушателю о прожитом прошлом времени.

В произведении R.Rodgers «It might as well be spring» принимая во внимание медленный темп произведения, образы пробуждения весны и спокойную нежную атмосферу был применен эффект Chorus, который придал звучанию большую глубину и широту. Благодаря данному эффекту создается впечатление игры сразу на нескольких инструментах, что придало нашему произведению некую задумчивость, летучесть. RHYTHM 152 (Slow Ballad), TONE 001 (St.GrPno), эффект Chorus, интенсивность 4.

Этот же вид звуковой обработки был применен с ученицей 3 класса в произведении Б. Кемферта «Путники в ночи». Данный эффект внёс в произведение таинственность, образ ночи, тишины и спокойствия. Для произведения использовалось: RHYTHM 061 (Beguine), TONE 022 (20ct.Pno), эффект Chorus, интенсивность 5.

«Шутка» И.Баха исполнялась учеником 4 класса в стиле 034 (EuroPop) с использованием тембра 005 (Rock Pno) и темпе 070. Выбранный стиль и тембр придал произведению некую современность, а примененный эффект Chorus наполнил звучание атмосферой 18 века.

В произведении В. Богатырёва «Песенка про следы» в функционал инструмента был добавлен новый звуковой сэмпл. Для его создания были выполнены следующие последовательные действия:

1. нажимаем кнопку «TONE», вводим номер тембра (601), под этим номером будет сохранен наш звуковой сэмпл;
2. одновременно нажимаем на кнопки «PIANO/ORGAN» и «CHORD BOOK», инструмент переключается в состояние готовности к записи сэмпла;
3. далее выводим звук с внешнего устройства путем подключения ноутбука к инструменту и включения на нем нужного звука;
4. после прекращения звучания сэмплируемого звука нажимаем на кнопки «PIANO/ORGAN» и «CHORD BOOK» и запись сэмпла останавливается;
5. для замыкания сэмпла нажимаем одновременно кнопки «PIANO/ORGAN» и «FUNCTION», так инструмент переключается в состояние готовности к замкнутому воспроизведению;
6. чтобы выбрать тембр под номером 601, нажимаем на кнопку «1» на инструменте, и начинается замкнутое воспроизведение выбранного звука.

Также можно изменить громкость замкнутого воспроизведения сэмпла. Для этого нажимаем кнопку сэмпла «1», во время его звучания нажимаем на эту же кнопку и не отпуская ее, нажимаем на любую клавишу клавиатуры. При быстром нажатии на клавишу громкость сэмпла увеличивается, при медленном – уменьшается. Когда достигнута нужная громкость сэмпла, соответствующую ему кнопку отпускаем, в нашем случае это кнопка «1».

**Контрольный этап эксперимента** проводился с целью определения итогового уровня знаний, умений и навыков в области синтеза и обработки звука на уроках синтезатора, а также проявлений интереса и самостоятельности у детей, входящих в контрольную и экспериментальную группы. Методика заключительного этапа эксперимента соответствовала методике констатирующего. Фиксировались качественные характеристики мотивационного и интеллектуального компонентов школьников на занятиях по синтезатору. Результаты подвергались сравнительному анализу с использованием данных констатирующего этапа.

**Таблица 2. Контрольный этап эксперимента**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Экспериментальная группа | | Контрольная группа | |
| Уровни: | Знания учащихся (анкета, музыкальная форма) | Тембровое развитие (викторина, «тембровые прятки») | Знания учащихся (анкета, музыкальная форма) | Тембровое развитие (викторина, «тембровые прятки») |
| Высокий | 2 чел. | 4 чел. | 2 чел. | 1 чел. |
| Средний | 4 чел. | 2 чел. | 3 чел. | 4 чел. |
| Низкий | 1 чел. | 1 чел. | 2 чел. | 2 чел. |

Представим результаты в диаграмме.



Ниже мы представляем сравнительный график экспериментальной группы по результатам проверок.

График изменений знаний учащихся экспериментальной группы:

****

График изменений тембрового развития учащихся экспериментальной группы:

****

Представим в диаграмме результаты контрольной группы.

График изменений знаний учащихся контрольной группы:

****

График изменений тембрового развития учащихся контрольной группы:

****

Как видно из таблиц и графиков *в экспериментальной группе* произошли большие изменения в качественном отношении.

На высокий уровень знаний, умений и навыков вышло 28%,

на средний – 57%,

на низкий – 15%.

По уровню тембрового развития произошли существенные изменения:

высокий уровень имеют – 57%,

средний – 28%,

низкий – 15%.

*В контрольной группе* уровневый показатель мотивации существенно не изменился, и большой процент остался на низком уровне.

Полученные данные указывают на положительное влияние проведённой экспериментальной работы. Анализ полученных результатов итогового замера выявил значительные положительные изменения в уровне знаний, умений и навыков учащихся, тембровом развитии экспериментальной группы. Между тем как в контрольной группе подобный прогресс не наблюдался. У детей из экспериментальной группы повысился интерес к занятиям, на которых они чувствовали себя комфортно.

Данное исследование позволило зафиксировать важность и необходимость введения в учебную программу по классу синтезатора тембровое развитие учащихся, синтез и обработку звука в системе дополнительного музыкального образования, что подтверждает заявленную гипотезу.

**Выводы по 2 Главе**

Во второй главе мы рассмотрели возможности современных синтезаторов в формировании новых и трансформации имеющихся тембров. Выявили, что современный электронный синтезатор открывает перед исполнителем множество возможностей. Выделим их.

1. Создание аранжировки музыкального произведения в различных стилях и жанрах, а также с применением множества тембров как акустических, так и электронных музыкальных инструментов. Разнообразие тембров, встроенных в синтезатор, способствуют развитию тембрового слуха, а также общего музыкального кругозора обучающихся.
2. Применение функции автоаккомпанемента. Использование данной функции в работе над инструментальными пьесами помогает облегчить техническую сторону, а также вносит яркое, насыщенное звуком исполнение.
3. Запись фонограммы. Данная функция может стать отличным помощником для вокалистов.
4. Возможность синтеза звука. Данный инструмент предполагает не только воспроизведение уже имеющихся стилей и тембров, но и дает возможность создания своих собственных, пользовательских стилей и тембров. Пользователь может редактировать предусмотренные стили или тембры, изменять многочисленные звуковые параметры, применять различные звуковые эффекты.

Был изучен функционал инструмента, связанного с обработкой звука:

1. **наложение двух тембров** (при нажатии на клавишу звучат два, выбранных нами тембра).
2. **разделение клавиатуры на два тембральных регистра.** Данная функция позволяет присваивать разные тембры правой и левой частям инструмента, при этом создаётся впечатление игры дуэтом на разных инструментах.
3. **реверберация.** Данная функция добавляет к звуку эффект эхо. Продолжительность реверберации регулируется.
4. **хорус.** Функция, которая придаёт звукам глубину и ширину, создаёт впечатление игры сразу на нескольких инструментах.
5. **применение педали**, которая включает в себя такие эффекты, как:
   * задержка (SUS) – продлевает звуки, извлекаемые при нажатой педали.
   * состенуто (SoS) – продлевает звуки, звучащие при нажатии на педаль, до момента отпускания клавиш.
   * модератор (SFt) – несколько смягчает звуки, извлекаемые при нажатой педали;
   * стиль (rHy) – при нажатии на педаль происходит включение и остановка воспроизведения автоаккомпанемента или композиции.
6. **создание звуковых сэмплов.** Синтезатор позволяет создавать звуковой сэмпл путём записи звука, поступающего с микрофона, переносного аудиоплейера или иного устройства, и впоследствии извлекать его нажатием на клавиши клавиатуры.
7. **применение эффектов к сэмплу.**

Для выявления пути художественного применения средств синтеза и обработки звука на занятиях по классу синтезатора и получения результатов внедрения собственных наработок нами был проведена экспериментальная проверка. Целью данного эксперимента явилось апробирование эффективности методических приёмов и способов приобщения учащихся к процессу синтеза об обработки звука в развитии их творческих способностей.

Эксперимент проходил в три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный. Эксперимент проводился в течение учебного года и входил составной частью в единый процесс учебно-воспитательной работы образовательного учреждения. Эксперимент доказал свою эффективность по результатам контрольного этапа. Данное исследование позволило зафиксировать важность и необходимость введения в учебную программу по классу синтезатора тембровое развитие учащихся, синтез и обработку звука в системе дополнительного музыкального образования, что подтверждает заявленную гипотезу.

**Заключение**

Изучив литературу по проблеме исследования, проведя экспериментальную проверку, мы сделали следующие выводы.

1. Звук представляет собой распространение механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде в виде [упругих волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B). Акустика является наукой, изучающей звук, как физическое явление. Музыкальная акустика исследует динамику, высоту, а также тембр музыкальных звуков, который можно определить амплитудой колебаний обертонов.
2. Гармонайзер является генератором гармоник, и основное его предназначение заключается в добавлении дополнительных партий к основному, входному сигналу. Эксайтер является психоакустическим процессором.
3. Обработка звука – это изменение существующего звука для получения абсолютно нового, или для усиления (нивелирования) отдельных его качеств. История развития синтеза звука показала интерес к данному явлению на протяжение достаточно длительного времени. В связи с развитием науки наиболее значимым периодом является современная эпоха. Обработка звука имеет различные виды: амплитудные и спектральные преобразования, формантные и временные преобразования, фильтрацию звука, а также устройства и приборы, необходимые для каждого из преобразований.
4. В современном мире компьютер открывает огромные возможности для творческого поиска музыканта. К достоинствам музыкального компьютера следует отнести его возможности:

* звуковая запись;
* нотная запись, их редактирование и печать;
* запись, редактирование и дальнейшее исполнение нотных партитур при помощи внешних синтезаторов, а также компьютерных звуковых карт;
* оцифровка звуков, шумов, имеющих различную природу, и дальнейшая их обработка, преобразование с помощью программ секвенсоров;
* гармонизация и аранжировка готовой мелодии с применением выбранных музыкальных стилей, возможностью их редактирования и создания новых;
* сочинение мелодий на случайной основе путем последовательного выбора музыкальных звуков;
* управление звучанием электронных инструментов путем введения определенных параметров до начала исполнения;
* запись партий акустических инструментов и голосового сопровождения в цифровом формате с последующим их хранением и обработкой в пpогpаммах-pедактоpах звука;
* программный синтез новых звучаний при помощи математических алгоритмов;
* запись звуковых файлов.

Возможности музыкального компьютера позволяют использовать его не только в области музыкального образования, но и в профессиональном творчестве композиторов, звукорежиссеров, аранжировщиков.

1. Осознавая возможности музыкального компьютера и современных синтезаторов в формировании новых и трансформации имеющихся тембров, мы пришли к выводу, что овладение детьми современным электронным синтезатором открывает перед исполнителем множество возможностей:

* создание аранжировки музыкального произведения в различных стилях и жанрах с применением различных тембров: акустических и электронных музыкальных инструментов, что способствует развитию тембрового слуха и расширению общего музыкального кругозора обучающихся;
* применение функции автоаккомпанемента помогает облегчить техническую сторону и добавляет насыщенное звуком исполнение;
* запись фонограммы необходима для вокалистов;
* возможность синтеза звука.

Изучение функционала инструмента, связанного с обработкой звука показало следующие возможности:

* наложение двух тембров
* разделение клавиатуры на два тембральных регистра. реверберация.
* хорус.
* применение педали с эффектами: задержка (SUS), состенуто (SoS), модератор (SFt), Стиль (rHy)
* создание звуковых сэмплов.
* применение эффектов к сэмплу.

1. Для выявления пути художественного применения средств синтеза и обработки звука на занятиях по классу синтезатора и получения результатов внедрения собственных наработок нами был проведена экспериментальная проверка. Целью данного эксперимента явилось апробирование эффективности методических приёмов и способов приобщения учащихся к процессу синтеза об обработки звука в развитии их творческих способностей. В качестве гипотезы было выдвинуто предположение о том, что использование средств синтеза и обработки будет способствовать развитию творческой деятельности обучающихся по классу синтезатора, если:

* создана благоприятная музыкальная образовательная среда;
* осуществлена педагогическая поддержка развития творческой личности;
* созданы «ситуации успеха» для саморазвития каждого ребенка;
* уровень профессионализма педагогов высокий;
* комплекс заданий выстраивается с учетом постепенного уменьшения роли преподавателя в творческом процессе и возрастания самостоятельности обучающихся.

Эксперимент имел три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный и проводился в течение учебного года, входя составной частью в единый процесс учебно-воспитательной работы образовательного учреждения. Эксперимент доказал свою эффективность по результатам контрольного этапа. Результаты экспериментальной проверки показали, что при использовании выдвинутых условий и задач, будет достигнут достаточный уровень развития творческой деятельности обучающихся по классу синтезатора. Таким образом, мы можем утверждать, что гипотеза исследования была доказана.

Данное исследование позволило зафиксировать важность и необходимость введения в учебную программу по классу синтезатора тембровое развитие учащихся, синтез и обработку звука в системе дополнительного музыкального образования. Тем не менее, важно выделить те направления, которые необходимы для дальнейшего внедрения идей эксперимента в учебный процесс. Для этого необходимо:

1. оптимизация самостоятельной работы обучающихся в классе клавишного синтезатора;
2. издание учебных пособий, нотных хрестоматий для методического обеспечения учебного процесса;
3. создание аранжировок произведений мировой музыкальной классики, которые могли бы применяться на занятиях и способствовать оптимизации инструментально-исполнительской подготовки обучающихся детских музыкальных школ и школ искусств.

Надеемся, что использование возможностей электронных музыкальных инструментов и музыкально-компьютерных технологий в целом станет для будущих профессиональных музыкантов неиссякаемым источником для творчества, а клавишный синтезатор займет прочные позиции в инструментальной подготовке обучающихся дополнительного образования.

# Литература

1. Авратинер В.И., Обучение и воспитание музыканта-педагога / В.И. Авратинер. — М., 1981.
2. Айдаров И. Уроки творчества за музыкальным компьютером / И. Айдаров // Искусство в школе. – 2008. – № 1.
3. Алдошина И. Основы психоакустики. – Москва, Оборонгиз, 2000.
4. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. — СПб.: Композитор, 2006. — 720 с. ISBN 5-7379-0298-6
5. Апасов А.А. Музыкально-компьютерные технологии как основа приобщения студентов педагогического ВУЗа к композиции и аранжировке: Дис. канд. пед. наук: 13.00.08. М., 2015. — 160 с.
6. Апраксина О. А., Методика музыкального воспитания в школе: Учебн. пособие. — М.: Просвещение, 1983. — С.54-57.
7. Ариза, С. 2005. Навигация по ландшафту систем компьютерной алгоритмической композиции: определение, семь дескрипторов и лексикон систем и исследований. В трудах Международной компьютерной музыкальной конференции. Сан-Франциско: Международная Компьютерная Музыкальная Ассоциация. 765-772. Электронный ресурс: http://www.flexatone.net/docs/nlcaacs.pdf
8. Ариза, С. 2005. Открытая конструкция для автоматизированного Алгоритмической музыкальной композиции: athenaCL. Диссертация, Нью-Йоркский Университет. Электронный ресурс: http://www.flexatone.net/docs/odcaamca.pdf
9. Артемьев Э. Н. Что такое АНС, СМ. – Москва,1997.
10. Артоболевская А.Д. Первая встреча с музыкой: учебное пособие / А. Д. Артоболевская. - 6-е изд. – Москва : Советский композитор, 1992. – 108 с.
11. Арчажникова А.П. Профессия - учитель музыки : книга для учителя / А. П. Арчажникова. – Москва: Просвещение, 1984. — 112 с.
12. Асафьев Б.В., Избранные статьи о музыкальном просвещении и образовании / Б.В. Асафьев. — М., 1973.
13. Баргер P., Б. Кокс, Келли Д., курсы компьютерной музыки, используя Суперкомпьютеры: образование эксперимента по СНП/UIUC // труды Международной компьютерной музыки. — Глазго / Сан-Франциско, 1990.
14. Баренбойм Л.А., Музыкальная педагогика и исполнительство / Л.А. Баренбойм. — Л., 1974.
15. Баульз П. Новая музыка, новых технологий. – Резенбург, 1997.
16. Белов Г.Г., Горбунова И.Б., Горельченко А.В. Музыкальный компьютер (новый инструмент музыканта) // Методическое пособие. — СПб: Издательство «СМИО Пресс», 2006. — 64 с.
17. Белов Г.Г., Горбунова И.Б., Горельченко А.В. Музыкальный компьютер (новый инструмент музыканта)//Учебное пособие для учащихся 10–11классов общеобразовательных учреждений. — СПб: Издательство «СМИО Пресс», 2006. — 216 с.
18. Беляева-Экземплярская С., О психологии восприятия музыки. – М., 1923.
19. Берг, П. 1996. Абстракция будущего: поиск музыкальных конструкций / компьютерный музыкальный журнал 20(3): 24-27.
20. Бесплатная подсказка. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://troeshnik.ru/>
21. Блинова М., Музыкальное творчество и закономерности высшей нервной деятельности. – М., 1974.
22. Брунер Дж. Процесс обучения / Перевод с англ. Вступ. статья В. Давыдова. — М.: АПН СССР,1962.
23. Васильев Д. Электроника 21 века. – Москва, 2006 .
24. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>
25. Виноградова О.А. Французская музыка// Музыкальная энциклопедия. – М., 1973.
26. Володин А.А. Электронные музыкальные инструменты. – Москва, 1991.
27. Володин А.А. Роль гармонического спектра в восприятии высоты и тембра звука, в кн.: Музыкальное искусство и наука, вып 1. – M., 1970.
28. Володин А.А. Роль гармонического спектра в восприятии высоты и тембра звука. – М., 1971.
29. Воронин Н. А. Музыкальная энциклопедия. – Ленинград, 1987.
30. Всё о музыке. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://e-music.fdstar.ru/>
31. Выготский Л., Психология искусства. – М., 1965.
32. Гарбузов Н., Зонная природа звуковысотного слуха. – М.-Л., 1948.
33. Гарбузов Н., Зонная природа тембрового слуха. – М., 1956.
34. Гарбузов Н., Натуральные призвуки и их гармоническое значение, в кн.: Сборник работ комиссии по музыкальной акустике. Труды ГИМНа, вып. 1. – М., 1925.
35. Гельмгольц Г. Учение о слуховых ощущениях как физиологическая основа для теории музыки. Пер. с нем. – СПб., 1875.
36. Гнатив Т.Ф. Музыкальная культура Франции рубежа ХIХ-ХХ веков / Учебное пособие для музыкальных вузов. — К.: Музыкальная Украина, 1993.
37. Говард Д., Ангус Дж. Акустика и психоакустика. Оксфорд: Фокусная пресса, 2001.
38. Горбунова И. Б. Музыкально-компьютерные технологии: лаборатория // ЭНЖ «Медиамузыка». № 1 (2012). URL: http://mediamusic-journal.com/Issues/1\_5.html
39. Григорье Л, Платек Я Современные музыканты. – Москва, 1994.
40. Громкость звука // Большая Советская энциклопедия (в 30 т.) / А.М. Прохоров (гл. ред.). — 3-е изд. — М.: Сов. энциклопедия, 1972. — Т. VII. – 608 с. – С. 348–349.
41. Гундорова Е.Ю. Развитие тембрового слуха младших школьников на уроках музыки с применением синтезатора // Музыка в школе. — 2013
42. Данилов М.А., Есипов Б.М. Дидактика. — М.: АПН СССР, 1957. — 518 с.
43. Дж. В. Стрэтт (Лорд Рэлей) Теория звука. пер. с англ. в 2-х томах. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1940. — т. 1 — 500 с., т. 2 — 476 с.
44. Дибелиус У. Музыка модерна. – Минск,1996.
45. Дольник А.Г., Эфрусси М.М. Микрофоны. — 2 изд. — М.: Энергия, 1967.
46. Дороги Кертиса. Учебник по компьютерной музыке. – Кембридж: MIT Press, 1994. - ISBN 0262680823.
47. Дубровский Н.А.. Громкость звука // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1. — С. 539–540. — 704 с.
48. Живайкин П.Л., 600 звуковых и музыкальных программ. – СПб., 1999.
49. Журнал «Музыкальная жизнь» – Москва, 1997. – № 32
50. Журнал «Народное образование» – Алматы, 2003. – № 27
51. Золотухин И.П., Изюмов А.А., Райзман М.М. Цифровые звуковые магнитофоны. — Томск: «Радио и связь», 1990. — 160 с. — ISBN 5-256-00559-6.
52. Кабалевский Д.Б. Музыка и музыкальное воспитание /Д.Б. Кабалевский. — М., 1984.
53. Кадина Г. Мультимедиа технологии – одно из перспективных направлений учебного процесса [Текст] / Г. Кадина // Музыка в школе. - 2009. - N 3. – С. 39-40.
54. Карлащук В.И., Обучающие программы. – М.: «Солон-р», 2009.
55. Когоутек Ц. Техника композиции в музыке 20 века. – Прага, 1996.
56. Когоутек Цтирад. Техника композиции в музыке ХХ века. – М.: Музыка, 1976. – 358 с.
57. Коллинз Ник. Введение в компьютерную музыку. — Чичестер: Уайли 2009,. – ISBN 9780470714553.
58. Косачева Р.Г. Композиторы Москвы. – Москва, 2000.
59. Красильников И. Музицирование учащихся на электронных инструментов // Искусство в школе. – 2008. – N 3. – С 62-64.
60. Красильников И.М. Ансамбль клавишных синтезаторов // Программы дополнительного художественного образования детей / Редакторы-составители Н.И. Кучер, Е.П. Кабкова. — М.: «Просвещение», 2005. — 240 с. – с.78–91.
61. Красильников И.М. Клавишные синтезаторы (киборды): Программа для специальности «Музыка» со специализацией «Преподаватель игры на клавишных синтезаторах (кибордах)» // Программы высших педагогических учебных заведений. — М.: Издательство МГОПУ, 1996. — 20 с.
62. Красильников И.М. Клавишный синтезатор // Программы дополнительного художественного образования детей / Редакторы-составители Н.И. Кучер, Е.П. Кабкова. — М.: «Просвещение», 2005. — 240 с. – С. 55–77.
63. Красильников И.М. Методика музыкального обучения на основе цифрового инструментария (с поурочной разработкой) // Электронные музыкальные инструменты. – Москва, Институт новых технологий, 2008. – 236 с.
64. Красильников И.М. Музыкально-компьютерные технологии и качество творческой деятельности школьников // Музыка в школе. — 2010, — № 4. — С. 3—10.
65. Красильников И.М. Музыкально-творческое развитие младших школьников в процессе обучения игре на клавишных синтезаторах (кибордах): Автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.02. – М., 1997. — 24 с.
66. Красильников И.М. Музыкально-творческое развитие младших школьников в процессе обучения игре на клавишных синтезаторах (кибордах) // Автореферат дис. …кандидата педагогических наук.— Москва, 1997. — 22 с.
67. Красильников И.М. Примерные программы по учебным дисциплинам «клавишный синтезатор», «ансамбль клавишных синтезаторов», «студия компьютерной музыки» для детских музыкальных школ, музыкальных отделений школ искусств. — М.: Министерство культуры Российской Федерации. Научно-методический центр по художественному образованию, 2002. — 55 с.
68. Красильников И.М. Синтезатор и компьютер в музыкальном образовании. Проблемы педагогики электронного музыкального творчества. — М., Библиотечка журнала «Искусство в школе», Вып. 8. — 2-е издание, 2004. — 92 с.
69. Красильников И.М. Студия компьютерной музыки // Программы дополнительного художественного образования детей/Редакторы-составители Н.И. Кучер, Е.П. Кабкова. — М.: «Просвещение», 2005. — 240 с. – С. 91–123.
70. Красильников И.М. Электронное музыкальное творчество в образовании детей и юношества: перспективы развития // Музыка в школе. — 2012, — № 2. — С. 42—44.
71. Красильников И.М. Алемская А.А., Клип И.Л. Школа игры на синтезаторе / под ред. И.М. Красильникова. — М.: ВЛАДОС, 2005. — 208 с.
72. Красильников И.М., Глаголева Н.А. Электронное музыкальное творчество в общеобразовательной школе (младшие классы) // Учебно-методическое пособие. — М.: Ижица, 2004. — 96 с.
73. Красильников И.М., Завырылина С.Н. Основы теории и практика компьютерной аранжировки музыкальных произведений // Электронные музыкальные инструменты: Пакет примерных программ для учреждений среднего профессионального образования. — Тольятти: «ПринтС», 2006. — 41 с. – С. 34–40.
74. Красильников И.М., Клип И.Л. Учусь аранжировке // Пьесы для синтезатора. Младшие классы. — М.: Классика — XXI, 2006. — 68 c.
75. Красильников И.М., Кузьмичева Т.А. Волшебные клавиши. Произведения для клавишного синтезатора // Учебное пособие для учащихся младших и средних классов детских музыкальных школ и школ искусств. — М.: ВЛАДОС, 2004. — 61 с.
76. Красильников И.М., Кузьмичева Т.А. Народные песни и танцы. В переложении для синтезатора и музыкального компьютера. — М.: Музыка и электроника, 2003. — 28 с.
77. Красильников И.М., Кузьмичева Т.А. Произведения для ансамбля синтезаторов // Учебное пособие для учащихся младших и средних классов. — М.: Музыка и электроника, 2006. — 56 с.
78. Красильников И.М., Лискина Е.Е. Учусь аранжировке // Пьесы для синтезатора. Средние классы. — М.: Классика — XXI, 2005. — 68 с.
79. Красильников И.М., Маркушина О.А. Создание аранжировок музыкальных произведений и исполнительская практика на клавишном синтезаторе(клавишный синтезатор) // Электронные музыкальные инструменты: Пакет примерных программ для учреждений среднего профессионального образования. — Тольятти: «ПринтС», 2006. — 41 с. – С. 5–22.
80. Красильников И.М., Силантьева Е.В., Маркушина О.А. Основы теории и методика обучения игре на клавишном синтезаторе // Электронные музыкальные инструменты: Пакет примерных программ для учреждений среднего профессионального образования. — Тольятти: «ПринтС», 2006. — 41 с.
81. Красильников, И. Электронное музыкальное творчество как новый вид учебно-художественной деятельности // Музыка в школе. – 2009. – N 3. – С. 30-38.
82. Ксенакис Я. Формализованная музыка: мысль и математика в составе. — Хилсдейл, Нью-Йорк: Пендрагон пр, 2001. - ISBN 1576470792.
83. Кузнецов Л.А. Акустика музыкальных инструментов. – М., 1989.
84. Курт Э. Музыкальная психология / Альманах музыкальной психологии. – М., 1994 (Кurth E., Musikpsychologie, В., 1931.)
85. Лагутин А. И., Основы педагогики музыкальной школы: Учеб. пособие. — М., 1985.
86. Ларош Г. A., Исторический метод преподавания теории музыки, в его кн.: Собрание музыкально-критических статей, т. 1. – М., 1913
87. Лебл В. Электроника. – Прага, 1997.
88. Лепендин Л. Ф. Аннотация // Акустика. — М., 1978. — 448 с.
89. Лук А.Н. Психология творчества. — М.: Наука, 1978. — 125с.
90. Мазель Л.А. Вопросы анализа музыки. Издание 2-е доп. — М.: Советский композитор, 1991. — 376 с.
91. Мазур А.К., Сиказин В.М. Перспективные принципы исполнения музыки с использованием компьютерных систем // Электронная технология и музыкальное искусство. – М., 1990.
92. Мазур А.К., Сиказин В.М. Перспективные принципы исполнения музыки с использованием компьютерных систем // Электронная технология и музыкальное искусство. – М., 1990.
93. Мальцева Е., Основные элементы слуховых ощущений. в кн.: Сборник работ физиолого-психологической секции ГИМН, вып. 1. – М., 1925.
94. Маньковский В.С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения. – М.: Искусство, 1966. – 376 с.
95. Медушевский В. О закономерностях и средствах художественного воздействия музыки. – М., 1976.
96. Меерзон Б.Я. Акустические основы звукорежиссуры. Учебное пособие. — М.: Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М.А. Литовчина, 2002. — 102 с.
97. Микрофон // Фотокинотехника: Энциклопедия / Гл. ред. Е. А. Иофис. — М.: Советская энциклопедия, 1981.
98. Микрофон // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
99. Михайличенко О.В., Основы общей и музыкальной педагогики: теория и история: учебное пособие (двуязычное) — Сумы: Козацький вал, 2009. — 211 с.
100. Музыкальная акустика, под ред. Н.А. Гарбузова. – М., 1954.
101. Музыкальная психология. Хрестоматия. Сост. М. С. Старчеус. – М., 1992.
102. Музыкальный журнал «Семь нот» – Алматы, 2006. – № 34
103. Музыкальный портал 21one.ru – Аккорды, тексты песен, статьи, программы для музыкантов, уроки вокала и игры на синтезаторе. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://21one.ru/>
104. Музыкотерапия в музыкальном образовании: Материалы Первой международной научно-практической конференции 5 мая 2008 г., Санкт-Петербург / Сост. и науч. ред. проф. А. С. Клюев. — СПб.: Астерион, 2008. — 168 с.
105. Назайкинский Е., Рагс Ю. Восприятие музыкальных тембров и значение отдельных гармоник звука, в кн.: Применение акустических методов исследования в музыкознании. – М., 1964.
106. Назайкинский Е.В. ТВМ // Музыка и информатика. – М., 1999.
107. Нейгауз Г.Г. Об искусстве фортепианной игры. Записки педагога. — М.: Музгиз, 1958. — 319 с.
108. Павлюченко С.А. Музыка на рубеже 20 века. – Минск, 1993.
109. Перри, Марк и Томас Маргони. 2010. «От музыкальных треков к Google Maps: кто владеет компьютерными произведениями?». Обзор компьютерного права и безопасности 26: 621-29.
110. Петелин Р.Ю., Петелин Ю.В. Звуковая студия в РС. – СПб, 1998.
111. Пешняк В. Самоучитель игры на синтезаторе. – М., 2000. – 79 с.
112. Подкопаева О.А. Подготовка учителей музыки к применению на уроке клавишного синтезатора Искусство в школе. – 2009. – № 2. – С. 74-75.
113. Подкопаева О.А. Развитие музыкального мышления студентов в классе клавишного синтезатора: Дис. канд. пед. наук: 13.00.08. – М., 2011. — 221 с.
114. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. — М.: 1957. — 463 с.
115. Применение акустических методов исследования в музыкознании. Сб. статей под ред. С.С. Скребкова. – М.: Музыка, 1964.
116. Проснякова М.Т. Изменения принципа композиции в современной Новой музыке // Musikos komponavimo principai – Вильнюс, 2001. – С. 75-83.
117. Профессиональное звуковое оборудование, профессиональное световое оборудование. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://pls-msk.ru>
118. Ражников В.Г., Диалоги о музыкальной педагогике / В.Г. Ражников. — М., 1989.
119. Робустова Л.П., Музыкальное обучение с помощью компьютера // Электронная технология и музыкальное искусство. – Новосибирск, 1990.
120. Родерер Ж.Г. Введение в физику и психоакустику музыки. – Нью-Йорк: Спрингер, 1975
121. Самофалов К.Г., Романкевич А.М., Валуйский В.Н., Каневский Ю.С., Пиневич М.М. Прикладная теория цифровых автоматов. — К.: Вища школа, 1987. — 375 с.
122. Сапожков М. А. Электроакустика. Учебник для вузов. — М.: Связь, 1978. — 272 с.
123. Серов А.Н. Музыка, музыкальная наука, музыкальная педагогика, в его кн.: Критические статьи, т. 4. – СПБ, 1895.
124. Сидоров И. Н., Димитров А. А. Микрофоны и телефоны. — «Радио и связь», 1993. — 152 с. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1197). — ISBN 5-256-01072-7, ISBN 978-5-256-01072-0.
125. Сизова Е.Р. Компьютерные обучающие программы в музыкальном образовании // Информатизация системы образования города. – Челябинск, 1996.
126. Симонов П. Синтезатор на занятиях с дошкольниками // ж. Музыка и электроника. — 2005. — № 3, с.10–11.
127. Синтезатор // Большая российская энциклопедия. Т. 30. – М., 2015. –246 с.
128. Система детского музыкального воспитания Карла Орфа, [пер. с нем. под ред. Л.А. Баренбойма] — Л., 1970.
129. Создание музыки на компьютере. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://cjcity.ru/>
130. Старчеус М.С. Слух музыканта. – М.: Моск. гос. консерватория им. П.И. Чайковского, 2003.
131. Теплов Б. Психология музыкальных способностей. – М.-Л., 1947.
132. Термен Л. С. Физика и музыкальное искусство. – М., 1995.
133. Фейгин М.Э. О профессии педагога музыкальной школы / М.Э. Фейгин. — М., 1971.
134. Фейгин М.Э., Воспитание и совершенствование музыканта-педагога / М.Э. Фейгин. — М., 1973.
135. Фейгин М.Э., Индивидуальность ученика и искусство педагога / М.Э. Фейгин. — М., 1975.
136. Французская музыка второй половины XIX века (сб. ст.), вступ. ст. и ред. M.С. Друскина. – M., 1938.
137. Фурдуев В.В. Акустические основы вещания. — М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1960.
138. Халабузарь П.В., Попов В.С., Теория и методика музыкального воспитания: Учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб, 2000.
139. Харуто А.В. Музыкальная информатика. Компьютер и звук: Учебное пособие по теоретическому курсу для студентов и аспирантов музыкального вуза. – М.: Московская государственная консерватория, 2000.
140. Хейфец Робин. По проводам наших нервов: искусство электроакустической музыки – Льюисбург: Университет Бакнелла Пресс, 1989. - ISBN 0838751555.
141. Хиллер Л.А. Компьютерная музыка / / Научный американец. 1959, вып. 201, №6.
142. Холопов Ю.Н. Музыкально-теоретические системы: Учебник / Под ред. Т. Кюрегян и В. Ценовой. – М.: Композитор, 2006.
143. Холопов Ю.Н. Пьер Булез. Эдисон Денисов. Аналитические очерки. – М.: ТЦ Сфера, 1998.
144. Хрестоматия по методике музыкального воспитания в школе / сост. О.А. Апраксина – М., 1987.
145. Чёрная М.Ю. Методика обучения информатике учащихся музыкальных школ с использованием звукового программно-аппаратного комплекса: Автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.02. – СПб., 2012. — 24 с.
146. Чудина В.П. Синтезатор — инструмент для творчества // Музыка в школе. — 2010, — № 6. — С. 74—76.
147. Шванауэр С.М. Учебная машина для тональной композиции // Машинные модели музыки. – Кембридж, 1993.
148. Шилов В.Л., Дмитрюкова Ю.Г. Синтезатор // Музыкальные инструменты. Энциклопедия. – М., 2008. – С. 510-512.
149. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике: Пер. с нем. – М. Мир, 1991. — 446 с.
150. Штофф В.А. Роль моделей в познании. — Л.: Университет, 1963. — 128 с.
151. Эймерт Х. Электронная музыка. – Прага, 1992.
152. Электроакустическая музыка. История и эстетика. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://asmir.info/>
153. Электронные музыкальные инструменты. Программы для ДМШ (музыкальных отделений ДШИ). Клавишный синтезатор. Ансамбль клавишных синтезаторов. Студия компьютерной музыки / Составитель программ И.М. Красильников. Составители репертуарных списков А.Ю. Апухтин, И.М. Красильников, М.А. Крюков.— М.: Издательство МетодИздат, 2001. — 63с.
154. Яворский Б.Л., Избранные труды, тт. 1–2. – М., 1972–1987.
155. Яцюк О. Компьютерные технологии в художественном образовании // Искусство в школе. – 2008. № 5.