

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет культуры и искусств»

Факультет Культурологии и социокультурной деятельности  
Кафедра Информационных технологий в культуре

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**МУЗЫКАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА**

*для специальности 1–21 04 01 Культурология,  
направление специальности 1–21 04 01–02 Культурология (прикладная),  
специализации 1–21 04 01–02 04 Информационные системы в культуре*

Составитель:

**О.М.Кунцевич**, преподаватель кафедры информационных технологий  
в культуре учреждения образования «Белорусский государственный  
университет культуры и искусств»

Рассмотрено и утверждено  
на заседании Совета университета  
(протокол № 9 от 23.05.2017 г.)

Минск, 2017

Составитель:  
Кунцевич Ольга Михайловна, преподаватель кафедры информационных технологий в культуре учреждения образования “Белорусский государственный университет культуры и искусств”

Рецензенты:  
*ФИО, должность в учреждении образования и полное название учреждения образования, ученая степень, ученое звание;*  
*ФИО, должность в учреждении образования и полное название учреждения образования, ученая степень, ученое звание*

Рассмотрен и рекомендован к утверждению:  
Кафедрой информационные технологии в культуре  
(протокол от № )

Советом факультета культурологии и социокультурной деятельности  
(протокол от № )

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
2.1 Конспект лекций.....	6
3. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	40
3.1 Описание лабораторных работ.....	40
3.2. Тематика семинарских занятий.....	56
4. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	58
4.1 Задания для контролируемой самостоятельной работы студентов.....	58
4.2 Контрольные вопросы по темам.....	59
4.4. Перечень вопросов к зачету.....	62
5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	65
5.1 Учебная программа.....	65
5.2 Учебно-методические карты учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования.....	66
5.3 Учебно-методические карты учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования.....	67
5.4 Список основной литературы.....	68
5.5 Список дополнительной литературы.....	70
5.6. Учебный терминологический словарь.....	72

# 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящее время музыкальная информатика это не только необходимое звено музыкального образования, но и важная часть теоретической основы компьютерных технологий в целом. Профессия менеджера-культуролога связано с широким спектром направлений культурной жизни и искусства, в том числе и с музыкальным. При этом речь может идти как о музыкантах-профессионалах, так и о музыкантах - любителях. В современную эпоху информатизации общества для обеих групп особенную актуальность имеют компьютерные технологии в музыке.

Программное обеспечение для обработки звука, моделирования и редактирования музыкальных произведений использует очень широкий спектр разнообразных наук, это: математика, техническая кибернетика, статистика, спектральная теория, радиотехника, акустика, психоакустика, теория сигналов, теория вероятностей и др. Понятно, что пользователи компьютерных технологий не обязан в совершенстве владеть знаниями во всех перечисленных направлениях, тем не менее знание основ процессов инфармацыйного моделирования в музыке, технических средств обработки звука, а также использования компьютерных технологий в музыкальной издательской деятельности становится необходимым как для современного музыканта, так и для менеджера-культуролога. Поэтому в лекционную часть программы включены некоторые теоретические вопросы математики, кибернетики, акустики, теории сигналов. При этом учитывается уровень музыкальной и теоретико-математической подготовки студентов, а также разный уровень владения музыкальной грамотой.

*Целью* преподавания дисциплины “Музыкальная информатика” является формирование у студентов необходимого объема теоретических знаний, умений и практических навыков по использованию современных информационных и компьютерных технологий в музыке как для творческой деятельности, так и в ежедневной работе.

*Предметом* изучения дисциплины “Музыкальная информатика” являются современные компьютерных технологии и программы для создания и обработки музыкальной информации.

*Основные задачи* дисциплины – получение знаний в области компьютерных музыкальных технологий, знакомство с математическими и физическими основами теории музыки, формирование системы базовых знаний и навыков для создания и обработки нотного текста.

В процессе изучения дисциплины, согласно требованиям образовательного стандарта, студенты должны:

- АК-1. Уметь использовать базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом к решению проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Владеть навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-10. Владеть методическими знаниями исследовательскими умениями, которые обеспечивают решение задач инновационно-методической и научно-исследовательской деятельности в культурологии.
- ПК-4. Оценивать состояние, тенденции и перспективы развития культуры и искусства.
- ПК-7. Заниматься научно-исследовательской деятельностью в культурологии.
- ПК-8. Приобретать новые знания, используя современные информационные технологии.
- ПК-9. Оценивать состояние, тенденции и перспективы развития сферы культуры и искусств.
- ПК-14. Использовать современные методики и технические средства обучения.

Изучение учебного материала связано с изучением учебных дисциплин «Основы информационных технологий», «Информационные технологии в культуре», «Компьютерная обработка», «Основы компьютерной аранжировки». Основными формами учебной работы являются лекционные и семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельное изучение отдельных вопросов. Завершается изучение курса сдачей зачета.

Учебным планом на изучение учебной дисциплины «Музыкальная информатика» всего предусмотрено 62 часа, в том числе 36 часа аудиторных занятий. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции — 8, лабораторные занятия — 16, семинарских — 4. Формы контроля – зачет.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Конспект лекций

#### Лекция 1

#### История развития компьютерных технологий в музыке

##### *Основные вопросы*

1. Моделирование и имитация творчества.
2. Математические методы как основа моделирования параметров музыкальной композиции.
3. История развития электронной музыки.
4. Первые электроакустические музыкальные инструменты.
5. История создания и классификация электронных музыкальных инструментов.

*Цель.* Рассмотреть историю возникновения и развития компьютерных технологий в музыке.

Технический прогресс уже выходит за рамки понимаемого, компьютеры уже не только послушные помощники в разного рода задачах, но и сами подчас выступают как создатели тех или иных «творений». Процесс сочинения музыки можно представить как сугубо математический – организация звуковой последовательности, так и как необъяснимый феномен искусства.

**Моделирование и имитация творчества** позволит лучше изучать процесс создания, т. е. создания произведений искусства и процесс восприятия этих произведений. Разрабатываются технологии для работы с более абстрактными видами искусств, такими как абстрактная живопись и музыка.

Музыкальная теория и музыкальная эстетика начали свое развитие в Древней Греции. Пифагор и пифагорейцы научно сформулировали ряд акустических законов музыки. Аристоксен выдвинул тезис о значении эмпирически-слухового восприятия интервалов и звукорядов. Дальнейшее развитие музыкальной теории нашло отражение в трудах Никомаха, Птолемея (1-2 вв. н. э.), Аристиды Квинтилиана, Порфирия, Аллипия (3-4 вв. н.э.) и других. Этическую концепцию музыки разрабатывали многие античные учёные, в том числе Платон и Аристотель. Пифагор поднял искусство до истинно достойного состояния, продемонстрировав его математические основания. Пифагору приписывают открытие диатонической

шкалы. Получив основные сведения о божественной теории музыки от жрецов различных Мистерий, Пифагор провёл несколько лет в размышлениях над законами, управляющими созвучием и диссонансом.

**История развития электронной музыки** тесно связана с экспериментальной музыкой. Эксперименты с музыкой начались задолго до 20-ых годов XX века, когда зарождалась электронная музыка, тогда как сама электронная музыка явила собой логическое продолжение экспериментов в музыке.

**Экспериментальная музыка** (от латинского *experimentum* - проба, опыт) - музыка, сочиняемая с целью проверки новых композиционных приемов, новых условий исполнения, необычного звукового материала и т. п. Понятие экспериментальная музыка тесно связана с такими понятиями, как творческий поиск, новаторство. В 50-е годы XX века экспериментальной музыкой называли, главным образом, конкретную музыку, электронную музыку (в 1958 в Париже инициатор конкретной музыки П. Шеффер руководил Первой международной декадой экспериментальной музыки). Как экспериментальная музыка рассматривают также, например, синтез света и музыки (светомузыка), машинную музыку.

**Электронная музыка** - музыка, которая создается и исполняется с помощью электронно-акустической и звуковоспроизводящей аппаратуры. В электронной музыке объектом является не только звуковая ткань и композиция в целом, но и звуковой материал.

Историческая предпосылка возникновения экспериментальной музыки (помимо изобретения звукозаписи) - перелом, происшедший в начале XX века в области использования музыкально-технических средств и приведший, во-первых, к возникновению серийной техники («техники ряда») новой венской школы и, во-вторых, «тембровой мелодии» (немецкое *Klangfarbenmelodie*; термин в «Учении о гармонии» Шенберга).

В 1899 году английский изобретатель Уильям Дадл продемонстрировал в Лондоне музыкальный инструмент с «поющей дугой» - Тесла. Американский изобретатель Тадеуш Кахилл в 1906 году продемонстрировал 200-тонный инструмент – «Телармониум». В 1920 году советский ученый Лев Термен создал свой первый электронный музыкальный инструмент – этерофоном ("терменвокса") (первый в истории синтезатор). В начале 20-х годов Л.Термен представил инструмент, позволяющий управлять музыкой и светом с помощью пластики тела - "терпситон". В 1931-1933 году в США Л. Терменом сконструирован «ритмикон» - первая в мире ритм-машину.

Изобретение звукового кино в конце 20-х годов XX столетия привело к революции в области музыкальной технологии. Вскоре в СССР было создано несколько лабораторий, занимавшихся проблемами

«**искусственного звука**». В основном, создавалась прикладная кино-музыка, результатом работы было озвучивание фильмов. В начале 30-х годов XX века советские исследователи, фактически, умели сэмплировать, синтезировать звуки музыкальных инструментов, голос человека, различные шумы, то есть аппаратным способом были достигнуты возможности, теперь ставшие традиционными в цифровых технологиях.

К концу 40-х годов возникновение **конкретной музыки** способствовало появлению удобной звукозаписывающей аппаратуры - магнитофонов. Важным требованием конкретной музыки является то, что материалом композиции служит записанный звук, отделенный тем самым от своего источника и естественного контекста. Фиксированные звуки - название, предложенное взамен выражению «записанные звуки», подчеркивавшему существование «звучащей реальности» еще до записи.

В конце 50-х годов рождается новое направление – **компьютерная музыка**. В ее основе заложены активно развивающиеся кибернетика и информационные технологии. Музыка, реализованная большими компьютерами, отличалась по звуку от любых других форм и проявлений электронной музыки. Поэтому вначале было предложено подразделить электронную музыку на естественно-электронную и компьютерную. Одним из впечатляющих произведений такого рода являются "Инфраслышания" Герберта Брана.

Сегодня термин компьютерная музыка имеет два различных значения. С одной стороны, в популярной сфере, это примерно то же, что и электронная музыка, только с опорой на компьютерную технику, с другой стороны, в академической среде, этот термин чаще всего указывает на использование формальных алгоритмов в процессе сочинения музыки. Такую музыку часто определяют, как **алгоритмическую**.

Огромную роль в развитии компьютерной музыки сыграло изобретение в 1955 г. синтезатора MARK I и его более совершенной версии MARK II (1959 г.). В конце 60-х годов XX века в результате полного стирания границ между конкретной и электронной музыкой, которые, объединившись с направлением компьютерной музыки, образовали направление под названием «**электроакустическая музыка**». В середине 90-х академические рамки данного направления также практически исчезли.

*Выводы.* Музыкальная теория и музыкальная эстетика начали свое развитие в Древней Греции. Пифагор в своих исследованиях продемонстрировал математическое основание музыкального искусства. Возникновение и развитие электроакустических музыкальных инструментов прошло долгую историю, основанную на научных исследованиях и достижениях. Благодаря развитию компьютерных технологий музыкант мог



создавать самые невероятные эффекты и тембры абсолютно без малейшего знания их структуры, контролируя себя только слухом, тем самым, высвобождая свои силы и эмоциональную энергию на чистое искусство.

*Ключевые понятия:* моделирование и имитация творчества, экспериментальная музыка, электронная музыка, искусственный звук, конкретная музыка, компьютерная музыка, алгоритмическая музыка, электроакустическая музыка.

## Лекция 2

### Физические свойства звука, основы музыкальной акустики.

#### Элементы нотной грамоты

Курс лекций

*Основные вопросы*

1. Звук как неразрывный акустический сигнал. Тембр и спектр звука. Субъективное восприятие звука.
2. Музыкальный звук с точки зрения физики звуковой волны.
3. Обертоны. Основные субъективные свойства музыкального звука.
4. Физические основы формирования, передачи, обработки и восприятия аудиосигналов.
5. Физические характеристики звукового поля. Единицы измерения.
6. Основные сведения об акустике. Понятие музыкальной акустики. Современные средства в музыкальной акустике.
7. Элементы нотной грамоты. Нотный стан, ключевые знаки. Определение длительности нот. Мажорный, минорный лад.

*Цель.* Изучение физических свойств звука, основ музыкальной акустики, элементов нотной грамотности.

**Звук** или звуковая волна – упругие волны, распространяющиеся в воздухе или любой среде, имеющие частоту в пределах примерно от 20 до 20 000 Гц.

**Инфразвук** – упругие волны с частотой, меньше 20 Гц.

**Ультразвук** – упругие волны с частотами, больше 20 000 Гц.

Инфра- и ультразвук человеческое ухо не слышит.

Воспринимаемые звуки люди различают по высоте, тембру и громкости. Каждой из этих субъективных оценок соответствует определённая физическая характеристика звуковой волны.

**Интенсивность звуковых волн** ( $I$ ) – среднее значение плотности потока энергии, которую несёт с собой волна.

**Порог слышимости** – минимальная интенсивность волны, которая вызывает звуковое ощущение. Порог слышимости несколько различен для разных людей и зависит от частоты звука. Наиболее чувствительно человеческое ухо к частотам от 1000 до 4000 Гц. В этой области частот порог слышимости составляет в среднем около  $10^9$  эрг/см<sup>2</sup>•с (эрг – единица измерения энергии, 1 Дж =  $10^7$  эрг). При других частотах порог слышимости лежит выше.

При интенсивности порядка  $10^3$  –  $10^4$  эрг/см<sup>2</sup>•с волна перестаёт восприниматься как звук, вызывая в ухе лишь ощущение боли и давления. Значение интенсивности, при которой это происходит, называется **порогом болевого ощущения**. Порог болевого ощущения, так же как и порог слышимости, зависит от частоты.

**Уровень громкости**  $L$  определяется как логарифм отношения интенсивности данного звука  $I$  к интенсивности  $I_0$ , принятой за исходную:

$$L = \lg(I/I_0).$$

Исходная интенсивность принимается равной  $I_0 = 10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup>•с, так что порог слышимости при частоте порядка 1000 Гц лежит на нулевом уровне ( $L=0$ )

Единица уровня громкости  $L$  называется **белом**. Обычно пользуются в 10 раз меньшими единицами – **децибелами (дб)**.

Весь диапазон интенсивностей, при которых волна вызывает в человеческом ухе звуковое ощущение (от  $10^{-9}$  до  $10^4$  эрг/см<sup>2</sup>•с), соответствует значениям уровня громкости от 0 до 130 дб. В таблице приведены ориентировочные значения уровня громкости для некоторых типичных звуков:

Характеристики звука	Уровень громкости, дб	Интенсивность, эрг/см <sup>2</sup> •с
Тикание часов	20	$10^{-7}$
Шепот на расстоянии 1 м	30	$10^{-6}$
Тихий разговор	40	$10^{-5}$
Речь средней громкости	60	$10^{-3}$
Громкая речь	70	$10^{-2}$
Крик	80	$10^{-1}$
Шум самолётного мотора:		
На расстоянии 5 м	120	$10^3$
На расстоянии 3 м	130	$10^4$

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха зависит от звукового давления.

**Звуковое давление** – это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при прохождении звуковой волны. Нижняя граница ощущения звука человеческим ухом соответствует звуковому давлению примерно  $10^{-5}$  Па, т. е.  $10^{-10}$  от нормального атмосферного давления. Верхняя граница звукового давления, при достижении которой возникает ощущение боли в ушах, равно примерно 100 Па. Звуковые волны с большой амплитудой изменения звукового давления воспринимаются как громкие звуки, с малой амплитудой изменения звукового давления – как тихие звуки.

Любой **музыкальный звук** имеет четыре основных свойства, которые мы воспринимаем как проявления тех или иных *качеств* звука:

- 1) *высота*,
- 2) *длительность*,
- 3) *громкость*,
- 4) *тембр*.

**Высота звука.** Звуковые колебания, происходящие по гармоническому закону, воспринимаются человеком как определённый **музыкальный тон**. Колебания высокой частоты воспринимаются как звуки **высокого тона**, звуки низкой частоты – как звуки **низкого тона**. Диапазон звуковых колебаний, соответствующий изменению частоты колебаний в два раза, называется **октавой**. Так, например, тон «ля» первой октавы соответствует частоте 440 Гц, тон «ля» второй октавы – частоте 880 Гц.

**Длительностью звука** называется выраженное в ритмических единицах время, в течение которого совершаются колебательные движения звучащего тела: чем больше времени продлятся колебания, тем протяженнее будет звук, и наоборот.

**Громкость звука** находится в прямой зависимости прежде всего от амплитуды колебаний источника звука: чем она больше, тем громче звук, и наоборот, чем меньше амплитуда, тем тише будет звук. Кроме того, на восприятие громкости влияет расстояние от источника звука и отчасти частота колебаний. Так, при одинаковых амплитуде и расстоянии от источника более громкими кажутся звуки среднего регистра.

В **музыкальной практике** громкость звука обозначается различными терминами: громкое звучание — *forte* (*um.* — громко), *fortissimo* (превосходная степень от *forte*) и *forte fortissimo* (еще более громко, чем *fortissimo*); этому соответствуют знаки *f*, *fffff*. В более редких случаях очень громкая звучность обозначается четырьмя знаками *forte* (*ffff*), а иногда и пятью (*fffff*). Аналогично обозначается и тихое звучание — *p*, *pp*, *ppp* (начальные буквы итальянского слова *piano* — тихо). Количество знаков *p* также может доходить изредка до четырех, даже пяти. (*Обозначение ppppp*

можно найти, например, в партитуре Шестой симфонии П. Чайковского перед началом разработки первой части.)

Кроме основных обозначений можно встретить и производные: *mf*, *mp* (*mezzo forte*, *mezzo piano*), означающие, соответственно, — не очень громко, не очень тихо; *sf*, *sp* (*subito forte*, *subito piano*), чему соответствует: внезапно громко, внезапно тихо.

Звуковые колебания, не подчиняющиеся гармоническому закону, воспринимается человеком как сложный звук, обладающий **тембром**. При одной высоте тона звуки, издаваемые, например, скрипкой и пианино, отличаются тембром.

Таблица. Диапазон частот звука при пении:

Голос	Частота, Гц	Голос	Частота, Гц
Бас	80 – 350	Меццо-сопрано	200 – 900
Баритон	100 – 400	Сопрано	150 – 1000
Тенор	130 – 500	Колоратурное сопрано	260 – 1300
Контральто	170 – 780		

**Обертон** является дополнительным звуком или призвуком, находящимся выше основного тона, спетого голосом или сыгранного на каком-либо музыкальном инструменте. Музыкальный термин: обертон – это своеобразное украшение природного натурального звука.

Существует такое понятие, как гармонический обертон. В мире музыки и исследовании звуковых колебаний в физике **гармоническими обертонами** принято называть дополнительные звуки верхнего диапазона, частота которых кратна частоте основного тона. Совместное звучание в теории музыки называется **гармоникой**. В некоторых случаях частота колебаний обертонов может выходить за пределы кратности основному тону. Тут применяется понятие **негармонический обертон**. По сути, это слишком сильное различие в звучании основного и дополнительного звуков, которое может возникать, к примеру, при колебании массивных струн. Наиболее востребованными в музыкальном отношении являются гармонические обертоны, кратность которых выражается правильными и неправильными дробями. Второй вариант используется для инструментов без определенного тона, скажем, для барабанов. Здесь же нужно учитывать и амплитуду звучания, которую часто путают с громкостью, и частоту вибрации, и резонансные показатели.

Обертон имеет огромное значение **для настройки инструментов**. Конечно, можно использовать специальные устройства, называемые тюнерами. Но те же профессиональные настройщики фортепиано никогда их

не используют, поскольку привыкли полагаться только на свой уникальный слух. При настройке они на слух воспринимают разницу, с которой звучат несколько струн при ударе молоточком. В нижних регистрах имеется по две струны на одну клавишу. В верхних октавах – по три.

Обертоны *голоса*, равно как и обертоны, получаемые на музыкальных инструментах, играют одну из ключевых ролей для передачи всех эмоциональных оттенков вокала. Это и понятно. Ведь человеческий голос является самым интересным инструментом природного происхождения. И настройке он не поддается. Здесь нужно только научиться его использовать при помощи множества техник пения.

Наверное, многие из нас обращали внимание на сильную вибрацию голоса у оперных певцов. Именно в этот момент и можно услышать дополнительные гармоники-обертоны. Только с вокалом нужно быть очень осторожным, ведь при неправильной постановке голоса может возникнуть ситуация, когда звучать он будет несколько фальшиво.

К *задачам* звуковой техники относятся запись, хранение, передача и воспроизведение сигналов, воспринимаемых людьми с помощью органов слуха. На практике чаще всего такими сигналами является обычная музыка, хотя к ним следует отнести также пение птиц, электронную музыку, театральные представления, гидроакустические сигналы и т. д. В отличие от задач цифровой обработки речевых сигналов, где основным требованием является разборчивость речи, при цифровой обработке звуков в большинстве случаев должны также учитываться какие-то критерии точности воспроизведения звуков. Подобные критерии неизбежно имеют субъективный характер, так как окончательное заключение о качестве звука составляется на основе восприятия сигналов слушателями.

Цепочка технических устройств при прохождении звука от микрофона до акустической колонки оказывается очень длинной. В нее может быть включено до 100 самостоятельных систем, каждая из которых выполняет свою полезную функцию, но вносит при этом искажения. Довольно часто каждый инструмент ансамбля записывается на отдельную дорожку многоканального магнитофона, причем число этих каналов может достигать до 24. Такой процесс дает звукооператору большие возможности: можно, например, при необходимости заново записать партию какого-либо инструмента. Это также помогает исполнителю избавиться от фонового акустического шума.

После того как высококвалифицированный звукооператор объединит обработанные первичные сигналы во вторичную стереофоническую или квадрафоническую запись, ее подвергают дополнительной обработке с тем, чтобы сформировать сигнал, пригодный для записи и прослушивания.

Акустическая система в доме слушателя и громкоговорители образуют важное последнее звено звуковоспроизводящей цепи. Таким образом, процесс звуковоспроизведения можно представить в виде трех основных этапов:

1. Создание и запись первоначальных сигналов.
2. Хранение и передача этих сигналов.
3. Воспроизведение сигналов в форме акустических волн.

Многие разработки в области цифровой звукотехники имеют *целью* замену слабых элементов цепи звукозаписи или звукопередачи. Примерами могут служить цифровые магнитофоны и цифровые системы передачи звуковых сигналов. Несложные по идее, эти системы оказываются сложными в реализации. Однако их создание привело к резкому улучшению качества воспроизведения звуков. Управление микшерным пультом также было переведено, на цифровую технику, чтобы освободить звукооператора от трудной обязанности фактического регулирования сотен параметров в реальном масштабе времени.

Цифровая обработка сигналов применяется для экспериментального определения физических характеристик акустических преобразователей, а также для оценки влияния этих характеристик на восприятие звука.

**Звуковое поле** – пространство, в котором распространяется звук. Характеристики звукового поля делятся на линейные и энергетические.

**Линейные характеристики** звукового поля:

1. звуковое давление;
2. смещение частиц среды;
3. скорость колебаний частиц среды;
4. акустическое сопротивление среды.

1. **Звуковое давление** – это дополнительное давление, которое возникает при прохождении звука в среде. Оно является добавочным давлением к статическому давлению в среде, например, к атмосферному давлению воздушной среды. Обозначается символом **P** и измеряется в единицах :

$$P = [ \text{Н/м}^2 ] = [ \text{Па} ].$$

2. **Смещение частиц среды** – это величина, равная отклонению условных частиц среды от положения равновесия. Обозначается символом **L**, измеряется в метрах (см, мм, км ),  $L = [ \text{м} ]$ .

3. **Скорость колебания частиц среды** – это скорость смещения частиц среды относительно положения равновесия под действием звуковой волны. Обозначается символом **u** и вычисляется как отношение смещения **L** ко времени **t**, за которое произошло это смещение. Вычисляется по формуле:

$$u=L/t.$$

Единица измерения [м/с], во внесистемных единицах см/с, мм/с, мкм/с.

4. **Акустическое сопротивление** – сопротивление, которое оказывает среда проходящей через неё акустической волне. Формула для вычисления:

$$Z=P/u.$$

Единица измерения: [Па·с/м].

На практике применяют другую формулу для определения акустического сопротивления:

$Z=p*v$ .  $Z$  – акустическое сопротивление,

$p$  – плотность среды,  $v$  - скорость звуковой волны в среде.

**Энергетические характеристики** звукового поля:

1. сила (интенсивность) звука.

Сила (интенсивность) звука – это величина, равная количеству звуковой энергии  $E$ , проходящей за единицу времени  $t$  через единицу площади  $S$ . Обозначается символом  $I$ . Формула для вычисления:  $I=E/(S*t)$  Единицы измерения: [ Дж/с·м<sup>2</sup>]. Так как Джоуль в секунду равен 1 Ватту, то

$$I = [Дж/с·м^2] = [Вт/м^2].$$

**Психофизические характеристики звука.**

Психофизика – это наука о связи объективных физических воздействий с возникающими при этом субъективными ощущениями.

С точки зрения психофизики – звук это ощущение, которое возникает в слуховом анализаторе при действии на него механических колебаний.

Психофизически звук делится на:

- тоны простые;
- тоны сложные;
- шумы.

**Простой тон** – это звук, соответствующий синусоидальному гармоническому механическому колебанию определенной частоты. График простого тона – синусоида.

**Сложный тон** – это звук, состоящий из разного ( кратного ) количества простых тонов. График сложного тона – периодическая несинусоидальная кривая.

**Шум** – это сложный звук, состоящий из большого числа простых и сложных тонов, количество и интенсивность которых всё время меняется. Шумы малой интенсивности ( шум дождя ) успокаивают нервную систему,

шумы большой интенсивности ( работа мощного электродвигателя, работа городского транспорта ) утомляют нервную систему. Борьба с шумами - одна из задач медицинской акустики.

Психофизические характеристики звука:

- высота тона,
- громкость звука,
- тембр звука.

**Высота тона** – это субъективная характеристика частоты слышимого звука. Чем больше частота, тем больше высота тона.

**Громкость звука** – это характеристика, которая зависит от частоты и силы звука. Если сила звука не меняется, то с увеличением частоты от 16 до 1000 Гц громкость возрастает. При частоте от 1000 до 3000 Гц она остается постоянной, при дальнейшем увеличении частоты громкость уменьшается и при частотах более 16 000 Гц звук становится неслышимым.

Для измерения громкости (уровня громкости) используется единица, которую называют "фон". Громкость в фонах определяют при помощи специальных таблиц и графиков, которые называются "изоакустические кривые".

**Тембр звука** – это самая сложная психофизическая характеристика воспринимаемого звука. Тембр зависит от количества и интенсивности простых тонов, входящих в сложный звук. Простой тон тембра не имеет. Единиц для измерения тембра звука не существует.

**Акустика** – это наука о получении, свойствах и распространении механических волн в различных средах и взаимодействии этих волн с физическими и биологическими объектами.

**Акустика состоит из следующих разделов:**

- **общая акустика**, изучает наиболее общие вопросы, связанные с получением и распространением звука, методами звуковых измерений.
- **архитектурная акустика**, изучает звуковые явления с точки зрения получения хорошей слышимости и речи в разных помещениях, или защиты помещений от нежелательных звуков.
- **техническая акустика**, изучает практическое применение звука в разных областях техники.
- **биологическая акустика**, изучает получение и применение звука живыми организмами (летучие мыши, рыбы, дельфины).



· **медицинская акустика**, изучает физику и биофизику слуха и речи, условия и особенности восприятия звука человеком, применение звука для диагностики заболеваний и их лечения.

**Акустика музыкальная** (от греч. ἀκούω – слышу) – одно из направлений общей акустики, наука, изучающая объективные физические закономерности музыкального звука: его возникновение и создание (акустика музыкальных инструментов, акустика речи и пения, электроакустика); распространение (архитектурная акустика, звукозапись, трансляция); восприятие (психоакустика – акустика человеческого слуха). Музыкальная акустика является также областью музыковедения. Она исследует такие явления, как высота, громкость, длительность и тембр музыкальных звуков, консонанс и диссонанс, музыкальные системы и строи, музыкальный слух, особенности музыкальных инструментов и человеческого голоса. В музыкальной акустике используются данные и применяются методы общей физической акустики, занимающейся изучением процессов возникновения и распространения звука. Музыкальная акустика связана с другими отраслями музыковедения, такими как гармония, теория музыки, оркестровка, инструментоведение, музыкальная психология и др. Термин «музыкальная акустика» был введен в науку в 1898 швейцарским ученым-акустиком А.Жанкьером («Основы музыкальной акустики»).

**Задача музыкальной акустики** – исследование вопросов создания, распространения и восприятия звуковых сигналов. Она является синтетической наукой, использующей различные научные и технические направления: акустика музыкальных инструментов и певческого голоса, акустику концертных залов и помещений прослушивания, психоакустику (акустику слуха), технику звукозаписи, компьютерные музыкальные технологии и др.

Современное состояние аналоговой и цифровой техники достаточно высокое. Ученые и конструкторы продолжают разрабатывать новые и совершенствовать имеющиеся на сегодняшний день технологии и звукотехническую аппаратуру.

### **Элементы нотной грамоты**

Запись любого музыкального текста производится посредством графических изображений и по определенным правилам.

Звуки записываются на пяти параллельных горизонтальных линиях, пронумерованных снизу вверх и вместе образующих систему, называемую **нотным станом** или **нотноносцем**.

На этих линиях и в промежутках между ними, а также под нижней и над верхней линиями нотоносца пишутся ноты, то есть знаки, точно фиксирующие высоту звуков.

Головка ноты представляет собой геометрическую фигуру продолговато-округлой формы типа овала, которая может быть белой (то есть незаштрихованной внутри) или черной (то есть сплошь закрашенной) — в зависимости от продолжительности звучания  $\circ$  или  $\bullet$ . При одном и том же темпе белые ноты всегда соответствуют более долгим звукам, черные — более коротким.

На каждом нотоносце можно разместить лишь одиннадцать различных нот. Однако возможности нотного стана в этом отношении могут быть значительно расширены при помощи добавочных линий сверху и снизу. Добавочными линиями называются короткие отрезки прямой, предназначенные для записи на них (а также над, под или между ними) одной нотной головки. Добавочные линии пишутся как выше, так и ниже нотного стана, и теоретически число их не ограничено, однако на практике редко бывает больше шести.

На нотном стане ключ Соль пишется, начиная со второй линии и, соответственно, показывает, что именно на ней должна находиться нота *соль* первой октавы.

Ключ Соль, поставленный на второй линии нотоносца, называется также *скрипичным* ключом, поскольку он оказался весьма удобным при записи нот для скрипки (учитывая строй и диапазон этого инструмента) и вся скрипичная литература пишется именно в этом ключе.

Из двенадцати звуков равномерно-темперированной системы семь диатонических ступеней, соответствующих белым клавишам фортепиано, считаются *основными* и имеют собственные названия. Остальные звуки (на фортепианной клавиатуре они в большинстве случаев соответствуют черным клавишам) являются *производными*. Они возникают в результате повышения или понижения соседних с ними основных ступеней на полтона или на тон.

Повышение или понижение диатонических ступеней называется *альтерацией*. Знаки, указывающие на повышение или понижение данного звука, называются *знаками альтерации*. Их всего пять:

- 1) *диез* ( $\sharp$ ) — указывает на повышение звука на полтона;
- 2) *дубль-диез* (двойной диез, обозначается —  $\times$ ) — указывает на повышение звука на целый тон (или два полтона);
- 3) *бемоль* ( $\flat$ ) — указывает на понижение звука на полтона;
- 4) *дубль-бемоль* (двойной бемоль, обозначается —  $\flat\flat$  или  $\flat\flat$ ) — указывает на понижение звука на целый тон (или два полтона);

5) бекар (буквально — отказ, обозначается — ♯) — указывает на отмену действия любых предыдущих знаков альтерации, то есть восстанавливает звучание основной ступени в ее первоначальном виде. Все знаки альтерации пишутся слева точно против ноты, к которой они относятся.

**Интервал** (от лат. intervallum — промежуток, расстояние) в музыке — расстояние между двумя звуками определённой высоты. Расстояние между звуками в музыке измеряется полутонами.

Полутон - минимальная единица измерения музыкального интервала, ближайшее расстояние между двумя звуками, то есть два соседних звука. Если ориентироваться по фортепиано, то это расстояние между двумя соседними клавишами. Тон равен двум полутонам. Интервалы меньше полутона именовются микроинтервалами.

Интервал можно рассматривать с двух сторон по его характеристике. С одной стороны, как абстрактная математическая величина, так и с другой стороны, как элемент музыкальной тоновой гармонии. Эти два значения тесно связаны между собой.

Ступеневая величина интервала зависит от количества ступеней (разных нот), помещающихся между двумя звуками интервала, независимо от того как он фактически звучит. Например: ми-ляб - это уменьшенная кварта, хотя звучит она как большая терция (ми-соль#), но если посчитать количество ступеней (ми-фа-соль-ляб), то получится кварта.

Определение тоновой (математической) величины интервала необходимо потому, что ступеневая (музыкальная) величина определяет его лишь приблизительно. У одинаковых по ступеням интервалах (например терция) будет отличаться количество тонов. Таким образом получаются следующие качественные прилагательные: чистая, большая, малая, увеличенная, уменьшенная, дважды увеличенная, дважды уменьшенная.

Интервалы классифицируются по взятию (игре): одновременные (гармонический, или вертикальный интервал) или последовательные (мелодический интервал).

По объёму (количеству) заключённых в них ступенях: простые (прима, квинта, секста, октава) или составные (децима, ундецима, квартдецима и т.д.).

Обращением интервала называется перемещение его звуков на октаву вверх или вниз таким образом, чтобы они поменялись местами: верхний стал нижним, а нижний — верхним. При обращении качество интервала меняется на противоположное: большой становится малым, увеличенный — уменьшённым и наоборот. Чистый интервал остаётся чистым.

Современная нотация исходит из того, что каждая метрическая доля может делиться на 2, 4, 8, 16 и т.д. частей (то есть на 2 и на степени числа 2). Однако в музыкальной практике дело обстоит не всегда так. Например, четверть иногда делится не на две восьмых, а на три равные части, которые, естественно, не являются уже восьмыми. Тем не менее, эти части четверти записываются как условные восьмые, однако при этом указывается цифрой, что мы имеем дело с особым делением длительностей. То же может произойти при делении такта на доли, когда такт той же длительности, что и предыдущие, делится не на две доли, а временно на три, или наоборот — трехдольный такт делится на две части.

Фигуры особого деления обозначаются соответствующей цифрой, которая ставится, как правило, у ребра длительностей или у квадратной скобки, используемой в тех случаях, когда ребра нет. Длительности же звуков записываются так же, как при нормальном делении, которое заменено особым.

**Ладом** называется система устойчивых и неустойчивых звуков (ступеней лада), объединенных — на основе мелодических, функциональных связей — тяготением к единому устойчивому центру — тонике.

В музыке подавляющего большинства стран мира существуют два основных лада — мажор и минор. Все остальные ладовые образования в итоге сводятся, как правило, к той или иной модификации мажорного или минорного ладов. Встречающиеся иногда в профессиональном музыкальном творчестве композиторов, а также в народной музыке различных стран мира (таких, как, например, Турция, Индия и некоторые другие) иные ладовые системы представляют собой лишь отдельные, хотя и интересные, но все же частные (а порой и вовсе исключительные) случаи, не имеющие всеобщего значения.

**Мажорным ладом** (или просто мажором) называется семиступенный лад, устойчивые звуки которого образуют большое (мажорное) трезвучие.

Само слово «мажор» (*ит.* — maggiore) в буквальном переводе означает: «большой», «старший». Этот термин используется в слоговой нотации, в буквенной же нотации слово «мажор» заменяется словом «dur» (от *лат.* durus, буквально — твердый).

Главным характерным признаком мажорного лада является интервал большой терции между I и III ступенями, которая, собственно, и определяет специфику (то есть мажорность) совместного звучания как самих устойчивых звуков, так и лада в целом.

**Минорным ладом** (или просто минором) называется семиступенный лад, устойчивые звуки которого образуют малое (минорное) трезвучие.

Само слово «минор» (*ит.* — *minore*) в буквальном переводе означает «меньший». Этот термин используется в слоговой нотации, в буквенной же нотации слово «минор» заменяется словом *moll* (от *лат.* *molle*, буквально — «мягкий»).

Главным характерным признаком минорного лада является интервал малой терции (м. 3) между I и III ступенями, которая, собственно, и определяет Специфику, то есть минорность совместного звучания как самих устойчивых звуков, так и лада в целом при любом порядке исполнения его ступеней.

Существует и следующее понятие как тональность. **Тональностью** называют высотное положение музыкального лада. Самые распространённые в музыке лады – это мажор и минор, состоят они из семи ступеней, главной из которых является первая (так называемая тоника). Название тональности напрямую зависит от тоника (начальной ноты). Мажорный и минорный лад отличаются по последовательности тонов и полутонов.

Одноимённые тональности – это тональности, в которых одна и та же тоника, но разный лад. Параллельные тональности – это тональности, в которых одни и те же ключевые знаки, но разные тоника.

*Выводы.* Древнегреческие философы утверждали, что гармония (греч. *harmonia* – согласованность, соразмерность, связь) – это согласование разнохарактерных и даже враждебных вещей. Смежная с философией наука эстетика формулирует термин по-другому: как согласованность целого, появляющаяся от соединения противоположных по качеству элементов. От разногласий между философами и эстетиками суть музыкального понятия измениться не может – это мелодическая слаженность и благозвучность, один из главных выразительных инструментов создателя музыки. Гармония в музыке основывается на слиянии звуков в созвучия – аккорды или интервалы.

Цепочка технических устройств при прохождении звука от микрофона до акустической колонки оказывается очень длинной. В нее может быть включено до 100 самостоятельных систем, каждая из которых выполняет свою полезную функцию, но вносит при этом искажения.

*Ключевые понятия:* Звук, интенсивность звуковых волн, порог слышимости, уровень громкости, звуковое давление, обертоны, звуковое поле, акустика, альтерация, музыкальный лад, нотный стан, интервал, тональность

## Лекция 3

### Методы синтеза звука

Курс лекций

*Основные вопросы*

1. Основные методы синтеза звука: аддитивная, синтез на основе волновых таблиц, сэмплирование.
2. Использование методов синтеза музыкального звука.
3. Музыкальные синтезаторы и их использование.

*Цель.* Рассмотреть основные методы синтеза звука. Ознакомиться с использованием методов синтеза звука. Рассмотреть музыкальные синтезаторы и их использование.

#### **Основные методы синтеза звука**

**Аддитивный** (additive — сложение) метод, применявшийся еще в органе Хаммонда. Результирующий тембр формируется путем сложения нескольких исходных колебаний. При использовании в качестве исходных колебаний синусоидальных сигналов с кратными (отличающимися в целое число раз) частотами и регулируемые амплитудами отдельных составляющих можно получить большое количество самых разнообразных тембров. Такая разновидность аддитивного метода называется гармоническим синтезом тембра.

**Регистровый** синтез (разновидность аддитивного). В этом случае в качестве исходных используют колебания более сложной формы, например, пилообразные или прямоугольные. И в том, и в другом случаях для точного воспроизведения звучания заданного музыкального инструмента требуется очень большое (теоретически бесконечно большое) число исходных колебаний. Чем меньше исходных колебаний, тем сильнее отличается синтезированный звук от звучания имитируемого инструмента. На практике оказывается, что даже при полутора-двух десятках исходных колебаний звучание синтезатора лишь в основном напоминает то, что хотелось получить. Это одна из особенностей психоакустического восприятия звука.

**Субтрактивный** метод (subtractive — вычитание). Сущность этого метода заключается в том, что новый тембр создается путем изменения соотношений между отдельными составляющими в спектре первоначального колебания. Реализуется этот метод в два этапа. Сначала формируются колебания, основные частоты которых соответствуют частотам нот. Главное требование к первоначальному колебанию сводится к тому, что оно должно иметь как можно более богатый тембр (иметь большое количество спектральных составляющих). На втором

этапе с помощью частотных фильтров из первоначального колебания выделяют частотные составляющие, характерные для имитируемого музыкального инструмента. Этот метод также удобно реализовать на базе быстродействующих цифровых интегральных микросхем. Таким образом, при синтезе звуков в электронных музыкальных инструментах аддитивный и субтрактивный методы мирно уживаются и дополняют друг друга.

**FM-аддитивный** метод основан на частотной модуляции: изменении частоты сигнала в соответствии с законом изменения некоторого управляющего напряжения. Со временем было накоплено большое количество таких алгоритмов управления частотами генераторов Муга, которые представляли ценность в музыкальном отношении, и поэтому закладывались в блоки управления новых синтезаторов. В результате развития цифровой техники произошел естественный переход от аналоговых к цифровым формирователям колебаний, способным генерировать сигналы произвольной формы. Сами формирователи могут быть реализованы как аппаратно, так и программно, а форма генерируемого сигнала в виде цифрового алгоритма управления формирователями хранится в запоминающем устройстве. Возможность использования большого числа формирователей (порядка нескольких десятков), которые имеют независимое управление частотой колебаний и огибающей амплитуды (размаха колебаний) сигналов, для синтеза каждого голоса музыкального инструмента позволила говорить о переходе на качественно новый по сравнению с аналоговыми синтезаторами уровень. FM-синтез звука производится на основе использования нескольких генераторов звуковых частот при их взаимной модуляции. Совокупность генератора и схемы, управляющей этим генератором, принято называть оператором. Схема соединения операторов и параметры каждого оператора (частота, амплитуда и закон их изменения во времени) определяют тембр звучания. Количество операторов определяет максимальное число синтезируемых тембров. В операторе следует выделять два структурных элемента: частотный модулятор и генератор огибающей. Частотный модулятор определяет высоту тона, а генератор огибающей определяет относительно медленное изменение амплитуды колебания во времени и, тем самым, тембр звука. Звуковые колебания, формируемые различными музыкальными инструментами, имеют различные огибающие. Однако любую огибающую можно условно расчленить на несколько характерных фаз, которые принято называть: *attack* (атака), *decay* (спад), *sustain* (поддержка), *release* (освобождение).

Это позволяет получить большее сходство синтезируемого звучания и его естественного образца. Неоспоримое достоинство FM-синтеза состоит в том, что на его основе можно получить несчетное количество электронных тембров. Немаловажно также то обстоятельство, что не требуется заранее записывать и хранить в памяти синтезируемые звуки. Достаточно хранить алгоритм их синтеза.

**Сэмплеры (sampling — отбор образцов).** Суть этого способа состоит в том, что для синтеза звука используются сгенерированные не в реальном времени, а заранее фрагменты, хранящиеся в памяти инструмента. Эти фрагменты могут быть получены путем записи в цифровой форме натуральных звуков. Синтезаторы, в которых воплощен такой принцип, называются сэмплерами, а образцы звучания — сэмплами. Процесс записи сэмплов принято называть оцифровкой или сэмплением. В целях экономии необходимой памяти сэмплы могут храниться в виде нескольких фрагментов: фрагмента начала звука, фрагмента стационарной фазы и фрагмента завершения звука. Фазы начала и завершения звука при исполнении воспроизводятся без изменений, а стационарная фаза зацикливается на время нажатия клавиши. У рассматриваемого метода есть еще и другое название — *волновой синтез*. Закодированные наборы образцов хранимых звуков называют волновыми таблицами (Wave Table). Одна из основных проблем волнового синтеза состоит в том, что для хранения голосов инструментов требуется запоминающее устройство очень большого объема. Значительного сокращения необходимой памяти достигают за счет того, что запоминается звучание немногих нот. Формирование звучания остальных нот происходит путем изменения скорости воспроизведения сэмпла в той степени, каково отношение частоты извлекаемой ноты к частоте ноты, хранящейся в памяти.

Безусловным достоинством *синтеза на основе таблицы волн* является предельная реалистичность звучания классических инструментов и простота получения звука. Основой WT-синтеза является цифровой звук. В этом и заключается самое главное отличие WT- от FM-синтезаторов, у которых основой звука являются генераторы аналоговых колебаний строго определенных форм. Если при частотно-модуляционном синтезе (FM-синтезе) новые звучания получают за счет разнообразной обработки простейших стандартных колебаний, то основой волнового синтеза являются заранее записанные звуки традиционных музыкальных инструментов или звуки, сопровождающие различные процессы в природе и технике. С сэмплами можно делать все, что угодно. Можно оставить их такими, как есть, и сэмплер будет звучать голосами, почти неотличимыми от голосов инструментов-первоисточников. Можно подвергнуть сэмплы модуляции,



фильтрации, воздействию эффектов и получить самые фантастические звуки. Сэмпл — это не что иное, как сохраненная в памяти синтезатора последовательность цифровых отсчетов, получившихся в результате аналого-цифрового преобразования звука музыкального инструмента. Технология, которая позволяет привязывать сэмплы к отдельным клавишам или к группам клавиш MIDI-клавиатуры, называется мультисэмплингом (Multi-Sampling).

У реальных инструментов тембр зависит от высоты звука. Спектральная характеристика звука изменяет свою форму в зависимости от частоты. Например, у фортепиано тембр звука каждой из клавиш будет хоть немного, но все-таки отличаться даже от своих ближайших клавиш-соседей, не говоря уже о клавишах, расположенных предельно далеко друг от друга — в начале и в конце клавиатуры. Ранее существовала проблема экономии памяти, но теперь можно записать звучание музыкального инструмента для каждой ноты, а полученные сэмплы привязать к каждой из клавиш MIDI-клавиатуры. В этом случае для размещения звукового банка потребуется значительный объем памяти. Такой подход может быть реализован в большинстве современных программных сэмплеров.

**Лупы и грувы.** Классический барабанный луп — это фрагмент барабанной партии, записанный в определенном темпе, длина которого кратна целому числу тактов. Если воспроизводить такой фрагмент в цикле (отсюда и название лупа (loop — петля), то создастся ощущение непрерывной игры. Лупы могут быть и не барабанными. Это может быть любой фрагмент музыки, зацикливание которого приведет к ощущению непрерывной игры. В настоящее время на дисках и в Internet можно найти множество коллекций лупов. Композиция будет звучать очень монотонно, если на всем ее протяжении будет звучать всего один луп. Поэтому лупы обычно поставляются наборами, в пределах которых все лупы записаны в одном темпе на одних инструментах, но соответствуют разным частям композиции. Например, вступлению, переходам и т. п. Совсем не обязательно лупы могут быть только барабанными. На практике приходится работать и с грувами — мелодическими лупами. Если барабанный луп достаточно подогнать по темпу, то грув нужно подгонять еще и по тону. Изменение тональности грува достигается путем изменения скорости воспроизведения его отдельных частей.

Развитие электронных музыкальных инструментов стимулировало создание *электронных музыкальных синтезаторов*.

**Синтезатор** — это электронный музыкальный инструмент, способный генерировать, комбинировать и обрабатывать широкий спектр звуков.

В синтезаторах, с одной стороны, нашли свое дальнейшее развитие ранее применявшиеся методы синтеза звука, с другой стороны, были внедрены и принципиально новые методы. Однако не это составляет основное отличие синтезаторов. Главное заключается в том, что за счет использования микропроцессоров для управления синтезом звуков в них имеется возможность быстрого и очень просто выполняемого перехода от одного имитируемого (или синтезируемого) инструмента к другому. И еще одно отличие: за счет применения запоминающих устройств большого объема имеется возможность хранения и постоянного дополнения гигантского количества алгоритмов синтеза звуков. Переход от одного синтезируемого инструмента к другому происходит за время, значительно меньшее, чем длительность самой короткой ноты. На практике это означает, что, в принципе, каждую очередную ноту синтезатор может сыграть другим тембром (инструментом). Кроме того, в состав синтезатора входят несколько идентичных блоков синтеза, поэтому и одновременно взятые ноты могут быть исполнены как бы различными музыкальными инструментами.

### **Классификация**

Можно выделить несколько характерных признаков, которые полагаются в основание классификации синтезаторов:

- Тип генерации сигнала.
- Среда генерации сигнала.
- Моно-/полифония.
- Наличие/отсутствие клавиатуры.
- Целевое назначение.

### **По типу генерации**

По данному признаку инструменты принято разделять на:

- синтезирующие;
- ромплеры и семплеры.

Первые синтезируют звук самостоятельно, вторые воспроизводят данные из памяти (ROM Player) либо же с внешних носителей. В строгом значении термина *семплерами* называют инструменты, способные записывать сигнал внутрь себя (и в этом же строгом смысле семплеры вообще не являются синтезаторами), в нестрогом так именуются любые инструменты, имеющие возможность воспроизводить звуки со сменного носителя (CD, DVD, жесткий диск и пр.).

Имеются также некие промежуточные варианты между синтезирующими и семплирующими инструментами. Их действие основано на сочетании, с одной стороны, воспроизведения волновых форм («кусочков» волны, хранящихся в памяти устройства) для атаки звука, с другой - синтеза остальных составляющих сигнала.

### **По среде генерации**

Среда генерации сигнала в качестве классификационного признака приводит к следующему делению инструментов:

- аналоговые;
- гибридные;
- цифровые с аналоговым синтезом звука;
- цифровые с виртуально-аналоговым синтезом звука;
- цифровые.

### **По критерию полифонии**

В зависимости от количества голосов синтезаторы классифицируют на:

- монофонические (одноголосные);
- полифонические (многоголосные).

Наиболее ранние модели аналоговых синтезаторов, в силу ограниченных возможностей аналоговой среды, были **монофоническими**.

Связующим звеном между одно- и многоголосными инструментами стали так называемые **дуофоники** - инструменты, способные воспроизводить два голоса одновременно: они оставались аналоговыми и принцип их действия немногим отличался от монофоников.

Первые **полифонические**, многоголосные, инструменты (от 4 до 8 голосов) смогли появиться лишь на базе микропроцессоров, предоставивших возможность контролировать несколько генераторов внутри одного инструмента и синхронно менять их тембры (цифровым, правда, здесь был только контроль, а звуковой материал оставался аналоговым).

И лишь с появлением цифровых технологий в области синтезаторостроения полифоничность инструментов стала возрастать с огромной скоростью, приведя к появлению 32-, 64- и даже 128-голосных моделей. И хотя монофонические синтезаторы производятся и по сей день, предназначены они для чрезвычайно специальных целей и являются, скорее, раритетом. Расширенные возможности в области полифонии очень важны при работе с мультитрековым секвенсором, когда для создания сложных композиций есть необходимость свести воедино несколько частей музыкального произведения в их одновременном воспроизведении.

### **По признаку наличия клавиатуры**

В данном случае деление осуществляется следующим образом:

- клавишные;
- рековые или десктопные.

**Клавишные** инструменты оснащены клавиатурой (собственно, именно их мы обычно именуем синтезаторами) с различным количеством клавиш: 49, 61, 76, 88. Иногда встречается и меньшее количество - 37 или даже 25.

**Рековые** инструменты (или, как их еще называют, **звуковые модули**) клавиатуры лишены. Как правило, используются они для студийных целей, но могут быть применены и в целях концертного исполнения. **Десктопные** (настольные) синтезаторы - это разновидность рековых. Однако если последние закрепляются в специальных рековых стойках (называемых иногда просто реками), то первые оснащены большим количеством органов управления, вследствие чего ими предпочитают пользоваться именно настольно (что, в общем-то, не исключает возможности поместить их в рек).

#### **По целевому назначению**

В соответствии с целями использования и ориентацией на определенную аудиторию синтезаторы бывают:

- учебные и развлекательные (в том числе детские);
- полупрофессиональные (с автоаккомпанементом);
- профессиональные рабочие станции;
- цифровые пианино и концертные синтезаторы;
- синтезаторы для танцевальной клубной музыки.

**Профессиональные рабочие станции** обладают наивысшим качеством звучания, имеют множество встроенных **пресетов** (предварительных настроек звучания инструмента), могут быть обновлены при помощи компьютера или карт памяти, а также оснащены встроенным секвенсором, семплером и процессором эффектов. Инструменты данной группы приспособлены для взаимодействия как с компьютером, так и с иным оборудованием, а также с другими музыкальными инструментами, что делает их достаточной базой для создания домашней музыкальной студии. Однако концертного использования они также не исключают, и подтверждение тому - наличие рояльной клавиатуры у подавляющего большинства моделей.

**Концертные синтезаторы** и нередко относимые к этой же группе цифровые пианино в ряду электронных клавишных стоят особняком. Если большинство синтезаторов направлено на достижение целей, недоступных акустическим инструментам, то данная группа является в первую очередь качественной имитацией именно своих акустических прототипов. По шкале «синтезаторы - семплеры» они стремятся скорее к семплерам, поскольку ПЗУ (постоянное запоминающее устройство) таких инструментов оснащено «прошивкой» библиотек, составленных из образцов максимально реалистичного звучания акустических клавишных.

С помощью такого синтезатора можно создавать и записывать музыкальные композиции очень высокого уровня сложности: встроенный семплер позволяет загружать огромные библиотеки звуков и расширять тембровую палитру почти неограниченно, а встроенный секвенсор дает

возможность записи всех необходимых инструментальных партий без использования какого-либо дополнительного оборудования.

**Синтезаторы**, предназначенные для создания танцевальной клубной музыки, по своим целям и задачам диаметрально противоположны инструментам предшествующей категории. Если там речь шла о максимально аутентичном воспроизведении живых тембров, то здесь акцент приходится на тембры именно «неживые», машинные, неестественные.

Появление такого типа музыкальных инструментов с огромными возможностями для исполнителей открывает принципиально новые перспективы для развития электронной музыки и других направлений мультимедиа-искусства.

**Выводы.** Бурное развитие техники способствовало появлению электронных музыкальных инструментов и электронной музыки. Возможности электронной музыки безграничны. В процессе развития электроники совершенствовались методы и устройства генерации и обработки звуковых колебаний в электронных музыкальных инструментах. Большое внимание уделялось вопросам темброобразования как для более точной имитации звучания традиционных инструментов, так и в целях получения новых, необычных тембров.

**Ключевые понятия:** аддитивный метод, регистровый синтез, субтрактивный метод, FM-аддитивный метод, сэмплеры, синтезаторы, клавишные инструменты, дуофонии, полифонические инструменты.

## Лекция 4

### Цифровая обработка музыкального звука

#### Основные вопросы

1. Основы теории цифрового звука. Непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука. Ряд Фурье как теоретическая основа разложения неразрывного сигнала на гармонические составляющие.
2. Теорема Котельникова. Количественное измерение информации квантаванага сигнала.
3. Форматы звуковых файлов как формы представления дискретных звуковых сигналов при компьютерной обработке и сохранении звука, общие сведения, характеристики и области применения.

**Цель.** Рассмотреть основы теории цифрового звука, непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука. Ознакомиться с основными форматами звуковых файлов.

## **Основы теории цифрового звука**

**Цифровая обработка сигналов** (ЦОС, DSP — англ. digital signal processing) — преобразование сигналов, представленных в цифровой форме.

Любой непрерывный (аналоговый) сигнал может быть подвергнут дискретизации по времени и квантованию по уровню (оцифровке), то есть представлен в цифровой форме. Если частота дискретизации сигнала не меньше, чем удвоенная наивысшая частота в спектре сигнала, то полученный дискретный сигнал эквивалентен сигналу.

При помощи математических алгоритмов преобразуется в некоторый другой сигнал, имеющий требуемые свойства. Процесс преобразования сигналов называется **фильтрацией**, а устройство, выполняющее фильтрацию, называется фильтром. Поскольку отсчеты сигналов поступают с постоянной скоростью, фильтр должен успевать обрабатывать текущий отсчет до поступления следующего, то есть обрабатывать сигнал в реальном времени. Для обработки сигналов (фильтрации) в реальном времени применяют специальные вычислительные устройства — цифровые сигнальные процессоры.

Всё это полностью применимо не только к непрерывным сигналам, но и к прерывистым, а также к сигналам, записанным на запоминающие устройства. В последнем случае скорость обработки не принципиальна, так как при медленной обработке данные не будут потеряны.

Различают методы обработки сигналов во временной (англ. time domain) и в частотной (англ. frequency domain) области. Эквивалентность частотно-временных преобразований однозначно определяется через преобразование Фурье.

Обработка сигналов во временной области широко используется в современной электронной осциллографии и в цифровых осциллографах. Для представления сигналов в частотной области используются цифровые анализаторы спектра. Для изучения математических аспектов обработки сигналов используются пакеты-расширения (чаще всего под именем Signal Processing) систем компьютерной математики MATLAB, Octave, Mathcad, Mathematica, Maple и др.

В последние годы при обработке сигналов и изображений широко используется новый математический базис представления сигналов с помощью «коротких волночек» — вейвлетов. С его помощью могут обрабатываться нестационарные сигналы, сигналы с разрывами и иными особенностями, сигналы в виде пачек.

## **Преобразования Фурье**

Многие сигналы удобно анализировать, раскладывая их на синусоиды (гармоники). Тому есть несколько причин. Например, подобным образом работает человеческое ухо. Оно раскладывает звук на отдельные колебания различных частот. Кроме того, можно показать, что синусоиды являются «собственными функциями» линейных систем (т.к. они проходят через линейные системы, не изменяя формы, а могут изменять лишь фазу и амплитуду). Еще одна причина в том, что теорема Котельникова формулируется в терминах спектра сигнала.

**Преобразование Фурье** (Fourier transform)– это разложение функций на синусоиды (далее косинусные функции мы тоже называем синусоидами, т.к. они отличаются от «настоящих» синусоид только фазой). Существует несколько видов преобразования Фурье.

1. Непериодический непрерывный сигнал можно разложить в интеграл Фурье.
2. Периодический непрерывный сигнал можно разложить в бесконечный ряд Фурье.
3. Непериодический дискретный сигнал можно разложить в интеграл Фурье.
4. Периодический дискретный сигнал можно разложить в конечный ряд Фурье.

Компьютер способен работать только с ограниченным объемом данных, следовательно, реально он способен вычислять только последний вид преобразования Фурье.

### **Теорема Котельникова**

Большинство реальных сигналов (например, звуковых) являются непрерывными функциями (если пренебречь квантовыми эффектами). Для обработки на компьютере требуется перевести сигналы в цифровую форму. Один из способов сделать это – равномерно по времени измерить значения сигнала на определенном промежутке времени и ввести полученные значения амплитуд в компьютер. Если делать измерения достаточно часто, то по полученному дискретному сигналу можно будет достаточно точно восстановить вид исходного непрерывного сигнала.

Процесс замера величины сигнала через равные промежутки времени называется равномерной (по времени) дискретизацией. Многие устройства для ввода данных в компьютер осуществляют дискретизацию. Например, звуковая карта дискретизирует сигнал с микрофона, сканер дискретизирует сигнал, поступающий с фотоэлемента. В результате дискретизации непрерывный (аналоговый) сигнал переводится в последовательность чисел. Устройство, выполняющее этот процесс, называется аналогово-цифровым преобразователем (АЦП, analogue-to-digital converter, ADC). Частота, с

которой АЦП производит замеры аналогового сигнала и выдает его цифровые значения, называется частотой дискретизации. Частота  $F$ , выше которой спектр равен нулю

**Теорема Котельникова** (Найквиста, Шеннона): если сигнал таков, что его спектр ограничен частотой  $F$ , то после дискретизации сигнала с частотой не менее  $2F$  можно восстановить исходный непрерывный сигнал по полученному цифровому сигналу абсолютно точно. Для этого нужно проинтерполировать цифровой сигнал «между отсчетами» специальными функциями (sinc-функциями).

На практике эта теорема имеет огромное значение. Например, известно, что большинство звуковых сигналов можно с некоторой степенью точности считать сигналами с ограниченным спектром. Их спектр, в основном, лежит ниже 20 кГц. Это значит, что при дискретизации с частотой не менее 40 кГц мы можем потом более-менее точно восстановить исходный аналоговый звуковой сигнал по его цифровым отсчетам. Абсолютной точности достичь не удастся, так как в природе не бывает сигналов с идеально ограниченным спектром.

Устройство, которое интерполирует дискретный сигнал до непрерывного, называется **цифро-аналоговым преобразователем** (ЦАП, digital-to-analogue converter, DAC). Эти устройства применяются, например, в проигрывателях компакт-дисков для восстановления звука по цифровому звуковому сигналу, записанному на компакт-диск. Частота дискретизации звукового сигнала при записи на компакт-диск составляет 44100 Гц. Таким образом, говорят, что ЦАП на CD-плеере работает на частоте 44100 Гц.

**Наложение спектров (алиасинг)** – нежелательное явление при дискретизации сигнала. Например, при оцифровке изображения алиасинг может привести к дефектам в изображении, таким как «блочные», «пикселизованные» границы или муар. Способы избежать алиасинга: Первый способ – использовать более высокую частоту дискретизации, чтобы весь спектр записываемого сигнала уместился ниже половины частоты дискретизации. Второй способ – искусственно ограничить спектр сигнала перед оцифровкой.

Существуют устройства, называемые фильтрами, которые позволяют изменять спектр сигнала. Например, фильтры низких частот (НЧ-фильтры, low-pass filters) пропускают без изменения все частоты ниже заданной, и удаляют из сигнала все частоты выше заданной. Эта граничная частота называется **частотой среза** (cutoff frequency) **фильтра**. Одно из важных применений НЧ-фильтров заключается в искусственном ограничении спектра сигнала перед оцифровкой. В этом случае фильтры называются анти-алиасинговыми, т.к. они предотвращают возникновение алиасинга при



оцифровке сигнала. Частота среза анти-алиасинговых фильтров устанавливается равной половине частоты дискретизации.

### **Форматы музыкальных файлов**

В мире музыки существует огромное количество музыкальных форматов их модификаций и версий, созданных гигантами музыкальной индустрии и небольшими компаниями, получившими общественное признание в электронном мире.

Для этих целей были разработаны различные физические методы хранения аудиоданных, например: виниловые пластинки, магнитная лента, компакт-диски, DAT, MD (минидиск), DVD или преобразование нот в музыкальных форматах (MIDI), точно таким же образом появилось множество различных компьютерных методов хранения аудиоданных – digital: OGG, Mp3, Flac, Wav форматов.

Для реализации различных функций необходим свой формат. Например: для воспроизведения CD в дисковом компакт-дисков, для записи музыки или звуковых эффектов в видеоиграх, для записи дорожки фильма или видеоклипа, для проигрывания в мобильных телефонах или передачи файлов через Интернет, кроме того, существует ряд операционных систем получивших наибольшее распространение в мире. В их число входят: Amiga, Macintosh, NEXT и персональные компьютеры с операционной системой Windows.

Кроме того работа dj, звукорежиссера, сj, видеоинженера или простого любителя музыки – достаточно сильно отличаются по своей сути. Для этого может потребоваться, чтобы Ваши аудиоданные были сохранены своим способом. Например, звук для компакт-диска должен быть сохранен с использованием разрядности 16 бит и частоты сэмплирования 44,1 кГц. Однако для загрузки звука через Интернет нам лучше использовать другую разрядность и частоту сэмплирования, поскольку каждая минута 16-битного, 44-килогерцевого звука занимает примерно 10 Мбайт, т.е. средний трэк продолжительностью 5 минут составит 50 “метров” – это слишком большой объем данных для среднестатистического пользователя. В этой статье представлена краткая информация о самых популярных музыкальных форматах.

AA (Audible Audio Book File) – формат является закрытым, разработан компанией Audible. Применяется, для записи аудиокниг, которые продаются через сервисы Audible и iTunes. Существует возможность замедлять или ускорять скорость прослушивания файлов – digital pitch, возможность оставлять закладки при прослушивании аудио книг, защита файлов, при доставке звуковых записей посредством internet.

**AAC** (Advanced Audio Coding) – формат аудио-файла с меньшей потерей качества при кодировании, чем Mp3 при одинаковых размерах. Кодирование музыки без потерь качества оригинала с помощью профиля AAC. AAC – семейство алгоритмов аудио кодирования MPEG4. В отличие от гибридного набора фильтров mp3, AAC использует MDST технологию (модифицированное косинусное преобразование) – это значит, что слушатель получает более лучшее качество звука, чем при MP3 кодировании с таким же или меньшим битрейтом. Возможные расширения AAC файлов: [.m4a],[.m4b],[.m4p].

**ADX** – основанный на АДИКМ проприетарный формат сжатия с потерями и хранения звукозаписи, разработанный CRI Middleware специально для использования в видеоиграх. Наиболее характерная особенность — возможность зациклить звукозапись, что делает применение формата удобным для использования в качестве фоновой музыки в различных играх, поддерживающих этот медиаконтейнер. Его поддерживают множество игр для SEGA Dreamcast некоторые игры для PlayStation 2 и GameCube.

**AIFF** – это стандартный формат файлов для сохранения аудиоданных на платформе Macintosh. Если вам когда-нибудь потребуется пересылать аудиофайлы между персональным компьютером и компьютером Macintosh, используйте именно этот формат. Он поддерживает 8- и 16-битные монофонические и стереофонические аудиоданные. Файлы этого формата могут содержать заголовок Mac-Binary, а могут и не иметь его. Если файл данного типа не содержит заголовка Mac-Binary, он, скорее всего, имеет расширение aif. Если файл данного типа содержит заголовок Mac-Binary, то Sound Forge откроет его, но идентифицирует как файл формата Macintosh Resource (см. следующий раздел). В этом случае файл, скорее всего, имеет расширение snd. При сохранении файлов на компьютерах Macintosh к ним добавляется так называемый заголовок Mac-Binary. Это маленький фрагмент информации, записываемый в начале файла, идентифицирующий тип файла для операционной системы Mac OS и других приложений. Таким способом компьютеры Macintosh сообщают, что содержит файл: текст, графику или, например, аудиоданные.

**APE** – (Monkey's Audio) [.ape] – разработчик Мэтью Т. Эшланд – формат цифрового звука без потерь качества (lossless). Кодек Monkey's Audio выпускается только для платформы Microsoft Windows, хотя существует ряд неофициальных кодеков для MacOS, Linux, BeOS. Файлы Monkey's Audio используют следующие расширения: .ape – для хранения аудио и .apl – для хранения метаданных. Данный формат не является свободным, т.к. лицензия на него серьезно ограничивает распространение.

**Apple Lossless** [.m4a] – это аудио кодек, разработанный Apple Inc, для сжатия цифровой музыки без потерь данных. Apple Lossless данные хранятся в контейнере MP4 с расширением .m4a. Хотя Apple Lossless имеет такое же расширение файла, как AAC, это не AAC, кодек схож с другими Lossless кодеками, такими как FLAC и др. Плеер iPod с док разъемом (не shuffle) и последней прошивкой может проигрывать файлы в формате Apple Lossless. Он не использует какие-либо управления цифровыми правами (DRM), но, с учётом характера контейнера, считается, что DRM может применяться к ALAC.

**CDDA** (Compact Disc Digital Audio) — звуковой компакт-диск, международный стандарт хранения оцифрованного звука на компакт-дисках, представленный фирмами Philips и Sony. Звуковая информация представлена в импульсно-кодовой модуляции с частотой дискретизации 44,1 кГц и битрейтом 1411,2 кбит/с, 16 бит стерео.

**DTS** – (Digital Theater System), по сути – это DolbyDigital, а точнее его конкурент. Формат DTSиспользует минимальный уровень сжатия, чем Dolby, так что фактически он звучит лучше, что доказывают на практике DVD диски, на которых записаны дорожки в DTS или в DDформате.

DTS это цифровая театральная система — семейство систем цифровой многоканальной звукозаписи, созданное компанией «Диджитал Тиэтер Систем» для демонстрации цифровых фонограмм в кинотеатрах синхронно с прокатными фильмокопиями. Кроме сопровождения плёночных фильмокопий, обе системы (DTS и DolbyDigital) в упрощённом виде используются на оптических видеодисках для домашнего просмотра. DTS использует меньший уровень сжатия, чем Dolby, но абсолютного превосходства нет ни у одной из систем. Споры о преимуществах DTS или DolbyDigitalне прекращаются по сей день. Формат DTSStereo практически идентичен DolbySurround. DTSподдерживает как 5.1-канальный, так и 7.1-канальный варианты звука. DTS в домашних театрах допускает полный битрейт (1509,75 кбит/с).

**FLAC** (свободный кодек из проекта Ogg) [.flac] – (англ. Free Lossless Audio Codec — свободный аудио-кодек без потерь) — популярный свободный кодек для сжатия аудио. В отличие от кодеков с потерями Ogg Vorbis, MP3 и AAC, FLAC не удаляет никакой информации из аудиопотока и подходит как для прослушивания музыки на высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуре, так и для архивирования аудиокolleкций. На сегодня формат FLAC поддерживается многими аудиоприложениями. Чтобы хранить основные типы метаданных, базовый декодер использует тегиID3v1 и ID3v2, поэтому их можно свободно добавлять и редактировать.

**MIDI** (Musical Instrument Digital Interface) – цифровой интерфейс музыкальных инструментов. Это стандарт цифровой звукозаписи на формат обмена данными между электронными музыкальными инструментами.

Интерфейс позволяет единообразно кодировать в цифровой форме такие данные как нажатие клавиш, настройку громкости и других акустических параметров, выбор тембра, темпа, тональности и др., с точной привязкой во времени. В системе кодировок присутствует множество свободных команд, которые производители, программисты и пользователи могут использовать по своему усмотрению. Поэтому интерфейс MIDI позволяет, помимо исполнения музыки, синхронизировать управление другим оборудованием, например, осветительным, пиротехническим и т.п.

Последовательность MIDI-команд может быть записана на любой цифровой носитель в виде файла, передана по любым каналам связи. Воспроизводящее устройство или программа называется синтезатором (секвенсором) MIDI и фактически является автоматическим музыкальным инструментом.

**MP2** (MPEG-1 Audio Layer II или Musicam) [.mp2] – один из трёх форматов (уровень 2) сжатия звука с потерями, определённых в стандарте MPEG-1. Применяется в цифровом радиовещании DAB и устаревшем стандарте Video CD, который в 90-е годы использовался для распространения фильмов на оптических компакт-дисках и существовал до широкого распространения DVD.

Кодер MPEG-1 Audio Layer 2 развился из аудиокодека MUSICAM (Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing — универсальное полосное кодирование и мультиплексирование с адаптацией к шаблону маскировки), разработанного CCETT, Philips и IRT в 1989 как часть исследований EUREKA 147 европейских межправительственных разработок для систем цифрового радиовещания для стационарных, портативных и мобильных приёмных устройств. Основные параметры MPEG-1 Audio были унаследованы из MUSICAM, включая банк фильтров, обработку во временной области, размер аудиокадра и т.д. Однако, после дополнительного усовершенствования, алгоритм MUSICAM не был использован в финальной версии стандарта MPEG-1 Layer II.

**MP3** (MPEG Layer 3) [.mp3] – третий формат кодирования звуковой дорожки MPEG — лицензируемый формат файла для хранения аудио-информации. На данный момент MP3 является самым известным и популярным из распространённых форматов цифрового кодирования звуковой информации с потерями. Он широко используется в файлообменных сетях для оценочной передачи музыкальных произведений. Формат может проигрываться практически в любой популярной

операционной системе, на практически любом портативном аудио-плеере, а также поддерживается всеми современными моделями музыкальных центров и DVD-плееров.

В формате MP3 используется алгоритм сжатия с потерями, разработанный для существенного уменьшения размера данных, необходимых для воспроизведения записи и обеспечения качества воспроизведения очень близкого к оригинальному (по мнению большинства слушателей), хотя меломаны говорят об осязаемом различии. При создании MP3 со средним битрейтом 128 кбит/с в результате получается файл, размер которого примерно равен 1/10 от оригинального файла с аудио CD. MP3 файлы могут создаваться с высоким или низким битрейтом, который влияет на качество файла-результата. Принцип сжатия заключается в снижении точности некоторых частей звукового потока, что практически неразличимо для слуха большинства людей. Данный метод называют кодированием восприятия. При этом на первом этапе строится диаграмма звука в виде последовательности коротких промежутков времени, затем на ней удаляется информация не различимая человеческим ухом, а оставшаяся информация сохраняется в компактном виде. Данный подход похож на метод сжатия, используемый при сжатии картинок в формат JPEG. Многие музыкальные гурманы, предпочитают сжимать музыку с максимальным качеством – 320 kbps, либо переходить на другие форматы, например FLAC, где битрейт в среднем ~1000 kbps.

**MOD** – формат разработан для платформы Amiga. Каждый файл MOD содержит оцифрованные записи real звучания инструментов, так называемые сэмплы, чем-то похож на структуру MIDI. Ся или композитор, пишущий в формате MOD, применяет программу, называемую трэкером, в которой указывает, какой именно инструмент, в какое время, какой нотой и октавой должен прозвучать – эта последовательность нот записывается в список – трек, а несколько параллельно звучащих треков образуют блок, называемый паттерном. Совокупность паттернов образует модуль – файл в формате MOD, с расширением .mod. Одна линейка трекера соответствует одному реальному каналу, в котором ся может проиграть или отредактировать пронумерованные ноты. Нотам могут назначаться различные “орнаменты” – например: тремоло, глиссандо и т.д.

**OGG** [.ogg], [.oga], [.ogx], [.ogg] – открытый стандарт формата мультимедиа контейнера, являющийся основным файловым и потоковым форматом для мультимедиа кодеков фонда Xiph.Org, а также название проекта, занимающегося разработкой этого формата и кодеков для него. Как и все технологии, разрабатываемые под эгидой Xiph.Org, формат Ogg

является открытым и свободным стандартом, не имеющим патентных или лицензионных ограничений.

Ogg является всего лишь контейнером. Музыка или видео сжимаются кодеками, а результат обработки хранится в подобных контейнерах. Контейнеры Ogg могут хранить потоки, закодированные несколькими кодеками. Например, файл с видео и звуком может содержать данные, закодированные аудио и видео кодеками.

**Speex** [.spx] – это свободный кодек для сжатия речевого сигнала, который может использоваться в приложениях «голос-через-интернет» (VoIP). С высокой вероятностью он не имеет никаких патентных ограничений и лицензирован под последней версией лицензии BSD (без третьей статьи). Сжатые кодеком Speex данные можно хранить либо в формате хранения звуковых данных Ogg, либо передавать напрямую с помощью пакетов UDP/RTP.

Speex относится к классу так называемых CodeExcitedLinearPrediction (CELP)-кодеков, то есть кодеков, построенных на основе так называемого Линейного Предсказательного кодирования ЛПК. ЛПК использует для аппроксимации отрезка речевого сигнала цифровой фильтр только с обратными связями (т. н. «авторегрессионный фильтр»). Коэффициенты этого фильтра «подгоняются» под отрезок сигнала с помощью процедуры Левинсона (в западной литературе — Левинсона-Дурбина). CELP-модификация ЛПК предусматривает наличие т. н. «кодовой книги», которая содержит предопределённые наборы возбуждающих ЛПК-фильтр единичных импульсов.

**TTA** (True Audio) – бесплатный, аудио кодек, осуществляющий сжатие музыкальных файлов без потерь в режиме реального времени. Кодек основан на адаптивных предсказывающих фильтрах и обладает всеми улучшенными характеристиками, как и большинство современных кодеров. Сжатый размер файлов будет на 30 % – 70 % меньше, чем original music file. TTA формат поддерживает тэги ID3v1 и ID3v2. Используя True Audio кодек, можно разместить до 20 audio CD на одном DVD-R диске.

**WAV** (Waveform audio format) [.wav], [.wave] – разработан совместно с IBM. Формат записи (стерео- или моно-) звука без сжатия. Так всего одна минута стереозаписи звука сделанная с CD-качеством (частота дискретизации 44,1 КГц) содержит  $60 \text{ с} \times 44100 \text{ Гц} \times 2 \text{ канала} = 5\,292\,000$  отсчетов. На каждый отсчет может приходиться 8 или 16 бит. Таким образом, в варианте 8 бит на отсчет, одна минута звука займет в памяти  $42\,336\,000 \text{ бит} = 5\,292\,000 \text{ байт}$  (около 5 Мб).

**WMA** (Windows Media Audio) [.wma] – лицензируемый формат файла, разработанный компанией Microsoft для хранения и трансляции аудио-

информации. Изначально формат WMA позиционировался как альтернатива MP3, но на сегодняшний день Microsoft противопоставляет ему формат AAC (используется в популярном онлайн-музыкальном магазине iTunes).

Большинство портативных аудиоплееров поддерживает формат WMA наряду с MP3. Данный формат очень плохо поддерживается на альтернативных платформах (вследствие его закрытости).

Microsoft включила в WMA поддержку цифровой системы управления авторскими правами (DRM) (система защиты). Основным следствием ее является невозможность прослушивать защищенные композиции на других компьютерах, кроме того, на котором композиция была загружена из музыкального магазина.

*Выводы.* Процесс преобразования сигнала является сложной последовательностью, которая достигается с помощью специальных устройств. Для обработки сигналов (фильтрации) в реальном времени применяют специальные вычислительные устройства — цифровые сигнальные процессоры. Всё это полностью применимо не только к непрерывным сигналам, но и к прерывистым, а также к сигналам, записанным на запоминающие устройства. В мире музыки существует огромное количество музыкальных форматов их модификаций и версий, созданных гигантами музыкальной индустрии и небольшими компаниями, получившими общественное признание в электронном мире.

*Ключевые понятия:* цифровая обработка сигналов, преобразование Фурье, теорема Котельникова, цифро-аналоговый преобразователь, частота среза фильтра, AA, AAC, ADX, AIFF, APE, Apple Lossless, CDDA, DTS, FLAC, MIDI, MP2, MP3, MOD, OGG, Speex, TTA, WAV, WMA.

## 3. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 3.1 Описание лабораторных работ

#### Тема 7 Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box

##### Лабораторная работа 1

#### Создание шаблона документа и ввод нотного текста в нотном редакторе Sibelius.

*Цель.* Приобрести основные навыки работы в нотном редакторе Sibelius по созданию нового документа или с использованием шаблона. Изучить интерфейс программы. Приобрести основные навыки по вводу нотного текста с использованием виртуальной и цифровой клавиатур.

*Задание 1.* Создать новый документ по шаблону.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте программу Sibelius. В окне быстрого запуска выберите «пустой бланк» (вкладка «Новая партитура» (New score) – раздел «Без категории» (No category) – «Бланк» (Blank)).

2. Введите параметры создаваемого нотного документа: размер и ориентация листа, стиль начертания, размер и темп произведения, затакт, тональность, информация о партитуре (заголовок, композитор, авторские права). Нажмите кнопку создать (creat).

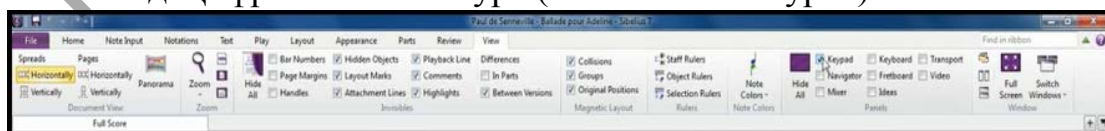
3. Сохраните документ в папке lab под именем lab1\_1.sib, нажав на кнопку. По умолчанию программа предложит имя файла, который ввели в поле «заголовок».



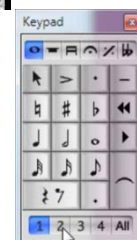
*Задание 2.* Ввод нотного текста с использованием виртуальной и цифровой клавиатур

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте плавающее окно «цифровой клавиатуры» (Keypad). Меню-Вид-Цифровая клавиатура (Menu-View-Keypad).



2. С помощью мыши введите сперва ноты в верхнем нотном стане (для правой руки), используя разбиение нот на 1-й и 2-й голос. Первому голосу соответствует синий цвет, второму – зеленый.



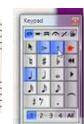


3. Для ввода нот необходимо выбрать мышью нужную длительность, которая окрасится соответствующим цветом. После навести курсор мыши на нотный стан, где ноты будут окрашены в серый цвет, нажав левую клавиши мыши, поместить ноту.



4. Чтобы выйти из режима ввода нот нужно нажать клавишу «Esc» или «N».

5. Чтобы добавить акценты или изменить длительность необходимо выбрать ноту и на цифровой клавиатуре выбрать нужную кнопку.



6. Для ввода паузы нужно выбрать такт на нотном стане, а на цифровой клавиатуре нужную длительность и кнопку «пауза».



7. Для ввода второго голоса необходимо на цифровой клавиатуре выбрать соответствующую цифру.

8. Для ввода аккордов необходимо на цифровой клавиатуре выбрать длительность, затем на нотном стане поочередно выбирать соответствующие ноты (снизу-вверх).

9. Воспользуйтесь для ввода нот «виртуальной клавиатурой». Меню-Вид-Клавиатура (Menu-View-Keyboard).



10. Выберите такт, на цифровой клавиатуре выберите нужную длительность и вводите ноты с виртуальной клавиатуры.

11. Для ввода аккордов необходимо на цифровой клавиатуре выбрать длительность и поставить первую ноту. Затем на виртуальной клавиатуре активировать режим ввода аккордов и добавить следующие ноты.



12. Аналогичным образом ввести партию для нижнего нотного стаба (левой руки).

13. Сохраните файл.

## Тема 7 Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box

### Лабораторная работа 2. Средства композиции и аранжировки в нотном редакторе Sibelius.

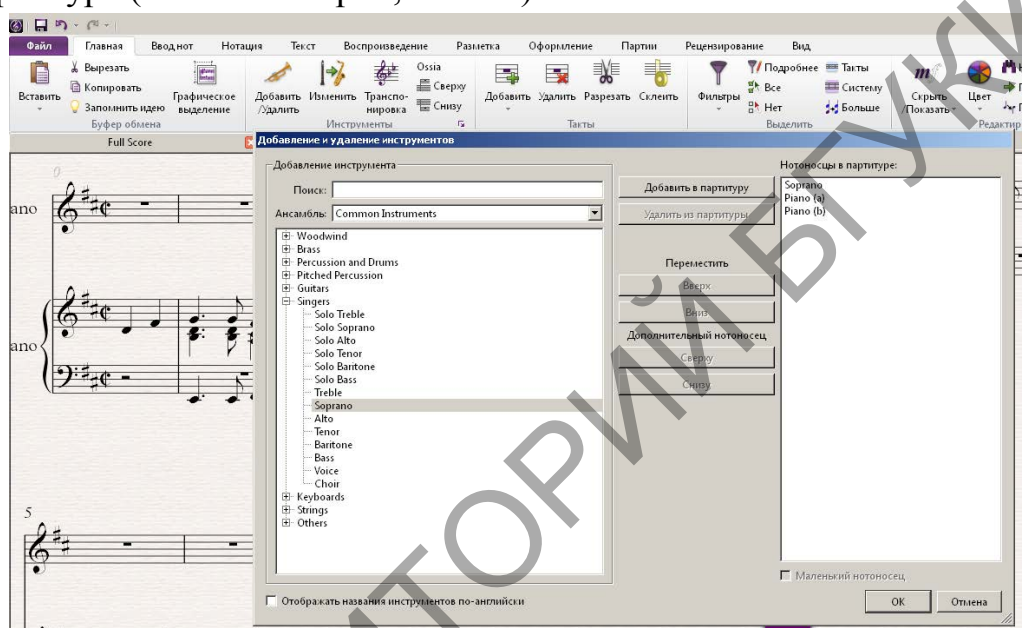
*Цель.* Определить назначение инструментов вкладок главная и набор нот. Научиться добавлять новые инструменты в партитуру. Изучить средства

композиции и аранжировки. Научиться применять фильтры (Презентация «Аранжировка и средства композиции»).

*Задание 1. Добавить в партитуру новые инструменты.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Запустите программу Sibelius.
2. Откройте сохраненный файл lab1\_1.sib.
3. Выполнить команду добавления нового инструмента. Главная – Добавить инструмент (клавиша «I»). Выбираем инструмент из любой группы, нажимаем кнопку «добавить в партитуру», меняем расположение в партитуре (кнопки «вверх», «вниз»).

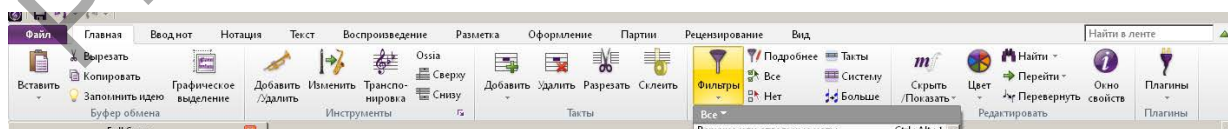


4. В партитуру необходимо вставить вокальную партию и партию для сольного инструмента (например скрипка).

*Задание 2. Применить фильтры.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Выделить фрагмент партии правой руки для фортепиано и применить фильтр для выделения одного голоса.

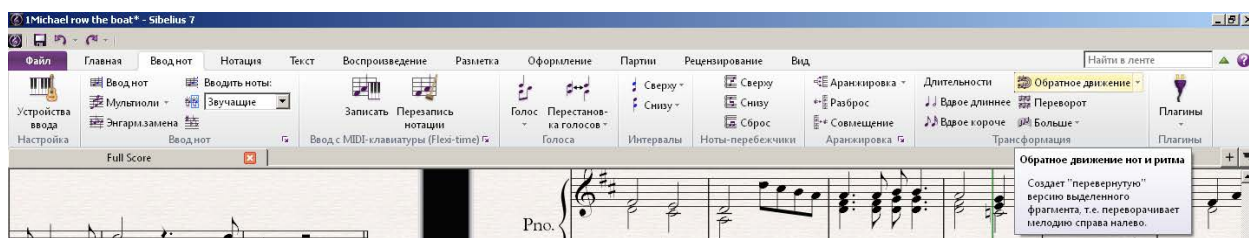


2. Скопировать выделенный фрагмент и вставить на новый нотосоц.
3. К новому нотосоцу применить фильтр для выделения пауз или других элементов и удалить их.

*Задание 3. Изучить средства композиции и аранжировки.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Выделить вставленный фрагмент на новом нотном стане и применить варианты трансформации.



2. Выделить следующий фрагмент из набранного текста и вставить на новый нотный стан. Применить аранжировку.

3. В диалоговом окне выбрать стиль аранжировки, соответствующего нотного стана (например соло скрипки).

4. Применить аранжировку, фильтры и другие средства композиции к остальному материалу.

5. Применить плагин для вставки партии ударных инструментов. Выбрать стиль и настроить его параметры.



*Задание 4. Сохранение файла.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Сохранить файл в папке lab в формате программы - lab1\_2.sib.
2. Сделать экспорт файла в папку lab в формате midi - lab1\_1.mid.

## **Тема 7 Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box**

### **Лабораторная работа 3. Панель инструментов и настройка нового проекта в программе Band-in-a-box. Ввод аккордов.**

*Цель.* Ознакомиться с панелью инструментов программы Band-in-a-box. Рассмотреть установки для нового проекта. Рассмотреть способы ввода аккордов.

*Задание 1.* Ознакомиться с панелью инструментов программы Band-in-a-box.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте программу Band-in-a-box.
2. Рассмотрите набор панелей и распределение инструментов на них.

*Задание 2. Установить параметры для нового проекта.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Нажмите кнопку “стиль”.
2. Для прослушивания нажмите кнопку предварительного просмотра.
3. Двойным щелчком выберите стиль.
4. Установите темп. По умолчанию его значение 140 ударов в минуту.
5. Установить количество тактов.
6. Измените количество повторов.

*Задание 3. Рассмотреть способы ввода аккордов.*

*Методические рекомендации по выполнению*

7. Откройте модуль для построения аккордов.
8. Нажмите правой кнопки мыши на желтом поле и выберите “Модуль построения аккордов”.
9. В левой части выбираете сами аккорды, а в правой можно изменить его параметры.
10. Чтобы установить аккорд в определенном месте такта, выделите его курсором.
11. Попробуйте ввести буквенное обозначение аккордов с помощью клавиатуры.
12. При повторе рисунка (последовательности) аккордов, его можно скопировать и вставить на следующий участок.
13. Нажатие правой кнопки по цифре, приведет к изменению цвета фона цифры и обозначает включение усиления переходов.
14. Прделайте выставление усиления переходов в вашей композиции по усмотрению.
15. Сохраните файл в папке lab.

## **Тема 7 Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box**

### **Лабораторная работа 4. Создание партии мелодиста в программе Band-in-a-box.**

*Цель.* Рассмотреть возможности ввода партии мелодиста.

*Задание 1. Ознакомиться с набором команд в Меню Melody.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте сохраненный файл из папки lab.

2. Зайдите во вкладку меню Melody.
3. Ознакомьтесь с комплексом команд Меню Melody:
  - Melodist Generate Melody and Chords — мелодист генерирует мелодию и аккорды;
  - Track Type (Single Channel) — отдельный канал;
  - Melody Maker — изготовитель мелодии;
  - Import Melody from MIDIFile — импортировать мелодии из MIDI-файла;
  - Import Melody from Clipboard — импортировать мелодию из буфера обмена;
  - Record melody — записать мелодию;
  - Record melody From any bar — записать мелодию с данного такта;
  - Step Edit Melody — пошаговое редактирование мелодии;
  - Quantize Melody — квантизация мелодии;
  - Humanize with Straight Feel — гуманизация мелодии с чувством;
  - Humanize with Swing Feel — гуманизация мелодии;
  - Transpose Melody only — транспонировать только мелодию;
  - Copy 1 st chorus to whole song — копировать мелодию из 1-го рефрена в остальные;
  - Kill entire melody — уничтожить записанную мелодию;
  - Kill Melody Choruses — уничтожить мелодию в заданном рефрене;
  - Adjust Level of melody — подстроить уровень громкости мелодии;
  - Timeshift Melody (ticks) — сдвинуть мелодию во времени;
  - Insert Beat(s) in Melody — вставить доли такта в мелодию;
  - Delete Beat(s) from Melody — удалить доли такта из мелодии;
  - Copy to Soloist Track — копировать на трек солиста;
  - Move to Soloist Track — перенести на трек солиста;
  - Swap Melody and Soloist Track — обменяться треками между солистом и мелодией;
  - Map Melody track to C7 chord — карта мелодии в C7 аккорде;
  - Convert Harmony to Melody Track — конвертировать гармонию в мелодический трек;
  - Remove Harmony (or guitar solo) from Melody Track — удалить гармонию или гитарное соло из мелодического трека;
  - Generate Guitar Chord Solo — генерировать гитарное соло;
  - Rechannel to Guitar Display — изменить канал для показа гитары;
  - Eliminate Note Overlap - Preserve Double Stops — устраняются примечания/сохраняются двойные остановки;

➤ Eliminate Note Overlap - Remove Double Stops — устраняются примечания /удаляются двойные остановки.

*Задание 2. Рассмотреть способы записи мелодии.*

*2. Методические рекомендации по выполнению*

1. Экспортируйте мелодию из готового MIDI-файла: меню Melody - команда Import Melody from MIDI File.
2. Укажите нужный файл.
3. В соответствующих полях окна загрузки установите определенное количество пустых тактов перед мелодией и количество импортируемых тактов.
4. Для ввода мелодии в режиме реального времени выполните команду для открытия MIDI-клавиатуры: меню Melody - команда Record melody (клавиша R).
5. Исполните мелодию, ориентируясь на метроном и звучащий аккомпанемент.
6. В меню Melody выберите команду Step Edit Melody (Пошаговое редактирование мелодии).
7. Путем нажатия кнопки Edit измените параметры звучащей ноты.
8. Сохраните файл в папке lab.

## **Тема 8 Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition**

### **Лабораторная работа 5. Сведение аудио-файлов в программе Sound Forge**

*Цель.* Сделать запись голоса. Рассмотреть приемы шумоподавления. Рассмотреть основные приемы работы с голосовым файлом. Создать микширование аудио-файлов.

*Задание 1. Сделать запись голоса.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте программу Sound Forge.
2. Подключите микрофон.
3. Нажмите на кнопку записи.
4. Проверьте основные настройки для записи: частота дискретизации 44100 Гц/16 бит, стерео.
5. Для остановки записи нажмите красную кнопку.
6. Для создания новой записи, нажмите еще раз красную кнопку.
7. Запишите 4 фрагмента записи.
8. Нажмите кнопку закрыть.

*Задание 2. Рассмотреть приемы шумоподавления.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. После окончания записи открывается основное окно программы и все записанные файлы.
2. Сделайте удаление смещения по оси амплитуды: Process (Обработка) - DC Offset (Смещение DC). Опция Автоматически обнаружить и удалить.
3. Растяните по вертикали звуковую волну: shift + стрелка вверх .
4. Выделите фрагмент с шумом и уберите его: Эффекты (Effects) – Noise Gate (Пороговый шумоподавитель).
5. Инструмент Noise Reduction (Подавление шума) – галочка Capture noiseprint (Снять отпечаток шума) - Preview (Просмотр) – ОК.
6. Рассмотрите плагин Waves X-Noise. Выберите любое действие:
  - Обработка Process - Auto Trim/Crop (Авто подрезка/обрезка);
  - Обработка Process - Insert Silence (Вставить тишину);
  - Обработка Process - Mute (Стирание и замена данных на тишину).

*Задание 3. Рассмотреть основные приемы работы с голосовым файлом.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Рассмотрите прием нормализации и компрессии: Process (Обработка) - Normalize (Нормализовать) - Peak Level (Нормализовать используя Пиковый уровень).
2. Попробуйте обработку эквалайзером: Обработка – Эквалайзер – Графический (Graphic EQ). Предустановки - Повышение высоких частот (Boost high frequencies) выше 7 кГц на 6 дБ. Прослушайте.
3. Компрессор. Эффекты – Динамическое представление – Графическое. Установите Порог (Threshold) -10-15db, Отношение (Ratio) 1.5-2, Атака (Attac) 1-3ms, Время Освобождения (Release) 30-40ms.
4. Эффекты – Динамическое представление – Многополосное – Уменьшить громкое шипение (de-esser).
5. Ревербация: Эффекты – Реверберация - Длинный зал (Long hall) либо Кафедральный собор (Cathedral). Попробуйте различные режимы реверберации. Добивайтесь наилучшего звучания.
6. Добавьте динамику: Избранное FX – Sony – ExpressFX Time Stretch или Обработка – Протяженность времени.

*Задание 4. Создать микширование аудио-файлов.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Откройте любой файл с музыкой.

2. Измените битовую глубину и частоту дискретизации под параметры голосового файла: Обработка - Конвертер битовой глубины. Обработка - Громкость (– 4 дБ).

3. Скопируйте фрагмент из записи голоса.

4. Установите курсор в нужном месте в окне с музыкой. Нажмите кнопку Mix (Микширование).

5. В правом вертикальном микшире снизьте уровень на 3 дБ.

6. Сохраните файл в формате mp3: папка lab, имя lab\_5.

## Тема 8 Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition

### Лабораторная работа 6. Создание нового проекта в программе Cubase

*Цель.* Создать новый проект. Сделать импорт midi-файла. Научиться добавлять новую звуковую дорожку. Рассмотреть разные способы записи трека (Презентация «Работа в многодорожечном режиме»).

*Задание 1.* Создать новый проект.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Открыть программу.

2. В диалоговом окне из категории More выбираем шаблон Empty — пустой проект без единого трека.

3. Выбрать опцию Prompt for project location. В открытом диалоговом окне Set Project Folder необходимо выбрать диск, папку lab и создать папку lab-6, в которой будут располагаться файлы проекта. После выбора нужной папки и закрытия окна Set Project Folder нажать кнопку создать.



4. После создания проекта в папке появятся несколько вложенных папок:

- AUDIO — исходные звуковые файлы, используемые в проекте;
- EDITS — отредактированные звуковые файлы;
- IMAGES — изображения волновых форм (сигналограмм);
- FREEZE — звуковые файлы, полученные в результате "замораживания" VSTi и аудиотреков.

5. Сохранить файл в папке lab-6 под именем lab\_6.cpr

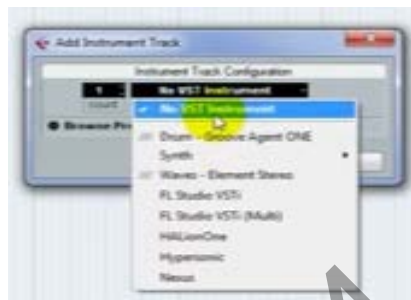
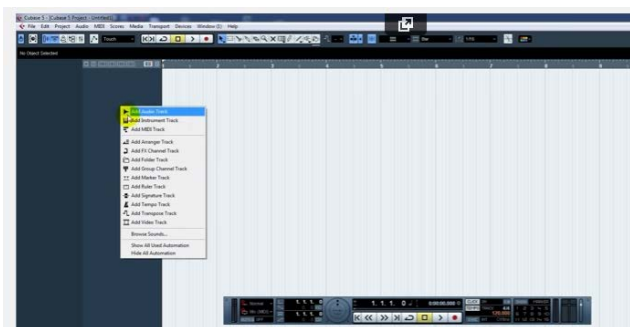
*Задание 2.* Импорт файла и добавление новой дорожки.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Выполнить команду импорт файла lab1\_1.mid.



2. В области инструментов нажать правую кнопку мыши и выбрать добавить трек инструмента (Add instrument Track). Выбрать любой установленный синтезатор из списка.



3. Чтобы выбрать звук для синтезатора необходимо нажать на кнопку открыть инструмент и из списка выбрать сохраненный вариант звука.



*Задание 3. Запись трека с помощью цифровой клавиатуры.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Вызвать цифровую клавиатуру – Alt+K



2. Поменять раскладку на английский язык.

3. Установить темп – 100 и включить метроном.

4. Нажать кнопку запис

5. Записать мелодию.



6. Отредактировать записанный фрагмент. С помощью мыши убрать пустые фрагменты трека (в начале и конце).



7. Установить локаторы трека (левый и правый).



8. Нажать кнопку петли для непрерывного звучания трека.



*Задание 3.* Запись трека с помощью окна редактирования.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Добавить новую дорожку для инструмента.
2. Выбрать синтезатор и звук.
3. Выбрать область трека.
4. Двойной щелчок мыши по выделенной области откроет окно редактирования.
5. Выбрать инструмент карандаш.
6. Навести курсор на уровне выбранной ноты, и протянуть в правую сторону. Таким образом, создается звук и его длительность.
7. Отредактировать длительность звучание, высоту и громкость.



8. Создать небольшой трек.
9. Прослушать трек с помощью окна воспроизведения.
10. Сохранить проект под именем lab\_6\_2.cpr.



## **Тема 8 Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition**

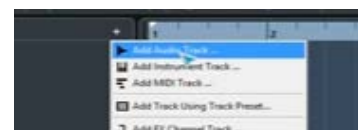
### **Лабораторная работа 7. Микширование и сведение трека в Cubase**

*Цель.* Научиться делать запись аудио дорожки. Сделать микширование и сведение трека. Научиться добавлять эффекты звучания. Рассмотреть экспорт файла в другие аудио форматы. (Презентация «Работа в многодорожечном режиме»).

*Задание 1.* Создать аудио дорожку.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Запустить программу.
2. Открыть проект lab\_6.cpr.
3. Импортировать файл lab1\_1.mid.
4. Подключить микрофон.
5. Создать аудио трек.
6. Нажать кнопку записи. Записать аудио-файл.
7. С помощью мыши подравнять границы трека.



Задание 2. Сделать микширование и сведение трека. Научиться добавлять эффекты звучания.

*Методические рекомендации по выполнению*

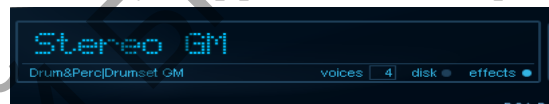
1. Установить локаторы.
2. Выбрать нужную дорожку трека.
3. Вызвать синтезатор трека.
4. Изменить установленные настройки звучание синтезатора.



5. В окне синтезатора выбрать кнопку эффектов. Подобрать необходимый эффект.

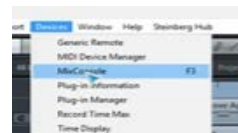
6. По необходимости выполнить пункты 3,4,5 и для остальных треков.

7. Измените настройки канала звучания любого трека.



8. Открыть окно микшера (микшерный пульт) Devices-MixConsole (F3).

9. Включите воспроизведение. Отрегулируйте уровень громкости для каждого трека.

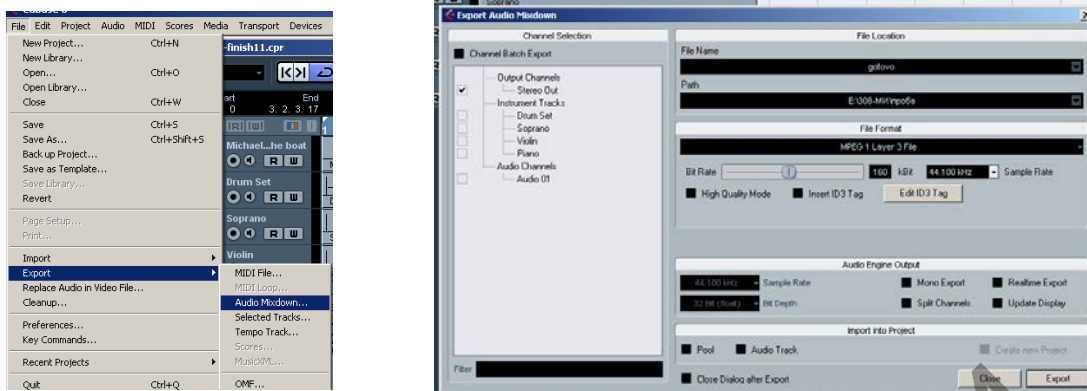


Задание 3. Сохранение и экспорт файла.

*Методические рекомендации по выполнению*

1. В папке lab создайте еще одну папку lab-7.
2. Сохраните проект в папке lab-7 под именем lab\_7.cpr.

### 3. Выполните экспорт файла.



4. Поставьте флажок Stereo Out. Укажите имя файла, путь сохранения и формат (lab\_7\_1, папка lab, MPEG 1 Layer 3 File). Нажмите Export.

5. Если установить флажок Channel Batch Export, программа экспортирует, как весь проект, так и все дорожки треков по отдельности.

## **Тема 8 Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition Лабораторная работа 8. Работа в многодорожечном режиме и применение эффектов в Adobe Audition**


*Цель.* Научиться делать запись аудио дорожки. Рассмотреть принцип работы в многодорожечном режиме. Ознакомиться с эффектами для звуковой волны.


*Задание 1.* Создать аудио дорожку.



*Методические рекомендации по выполнению*

1. Подключите микрофон к компьютеру.
2. Запустите программу Adobe Audition.
3. Создайте новый проект, в который будет в дальнейшем записана новая волновая форма: File – New.
4. В диалоговом окне New Waveform установите следующие параметры:
  - в списке Sample Rate выберите частоту дискретизации (сэмплирования), не менее 44.1 кГц;
  - в группе Channels выберите режим: моно (Mono);
  - в группе Resolution выберите разрешающую способность (16-битным (16-bit) и 32-битным с плавающей точкой (32-bit (float)) представлениями сигнала).

5. Откройте линейку измерения уровня сигнала (Options - Monitor Record Level) или в нижней части экрана сделайте двойной щелчок по шкале.

6. Перейдите в режим записи - правой кнопкой мыши на кнопке  (Record).

7. Выберите Instant Record - начало записи в момент нажатия кнопки 

8. Остановить или закончить запись можно с помощью кнопок  (Pause) и  (Stop).

### *Задание 2. Обработка записи.*

#### *Методические рекомендации по выполнению*

1. Выберите команду **Edit** > **Zero Crossings**, которая содержит команды, которыми можно передвинуть начало и конец выделенного звукового блока в те позиции, где звуковая волна пересекает нулевой уровень

2. Примените к звуковой волне следующие команды:

a. Применение команды Adjust Selection Outward приведет к тому, что границы выделенного фрагмента будут автоматически перемещены к нулевым точкам, расположенным вне выделенного интервала.

b. Команда Adjust Left Side to Left сдвинет левую границу выделенного фрагмента к ближайшей слева нулевой точке.

c. Команда Adjust Left Side to Right сдвинет левую границу выделенного фрагмента к ближайшей справа нулевой точке.

d. Команда Adjust Right Side to Left сдвинет правую границу выделенного фрагмента к ближайшей слева нулевой точке.

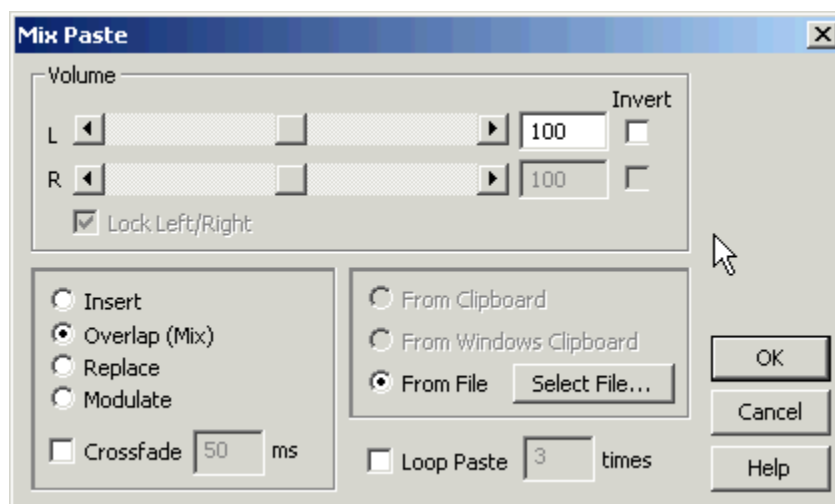
e. Команда Adjust Right Side to Right сдвинет правую границу выделенного фрагмента к ближайшей справа нулевой точке.

3. Прделайте работу по изменению звуковой волны. Команды, позволяющие копировать, вырезать, удалять и вставлять материал, содержатся в меню **Edit**.

### *Задание 3. Микширование звуковой волны.*

#### *Методические рекомендации по выполнению*

1. Вызовите команду Edit > Mix Paste, которая предназначена для наложения звуковых данных, хранящихся в буфере обмена, на редактируемую волновую форму. Команда Mix Paste открывает диалоговое окно.



Диалоговое окно Mix Paste

2. В группе Volume настройте элементы управления громкостью вставляемого материала для левого (L) и правого (R) каналов.

3. В левой нижней части окна вы можете выбрать один из способов вставки.

➤ Insert – вставка, при которой редактируемая волновая форма будет "раздвинута", чтобы разместить содержимое буфера.

➤ Overlap (Mix) – вставка с микшированием. Материал из буфера "перемешается" с редактируемой волновой формой.

➤ Replace – вставка с заменой. Материал из буфера заместит звуковые данные, находившиеся в этой области волновой формы до вставки.

➤ Modulate – вставка с модуляцией по амплитуде. Каждый отсчет звукового сигнала из буфера умножается на соответствующий отсчет волновой формы.

4. Введите величину временного интервала изменения громкости от 0 до 100% (или наоборот) в поле Crossfade.

5. Выберите источник вставляемого блока.

➤ From Clipboard N – внутренний буфер обмена. Символ N заменяет в тексте ссылку на текущий буфер обмена. Программа заботится, чтобы вы не перепутали, какой именно материал вставляете.

➤ From Windows Clipboard – общесистемный буфер обмена.

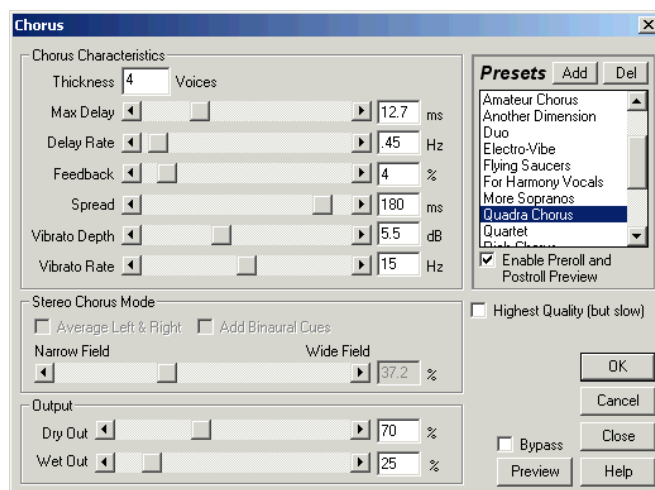
➤ From File – файл.

6. нажмите кнопку ОК или клавишу Enter.

*Задание 4. Знакомство со встроенными эффектами.*

*Методические рекомендации по выполнению*

1. Выполните команду Effects - Delay Effects - Chorus .



2. Ознакомьтесь с настройками и опциями данного эффекта:
  - группа Chorus Characteristics - параметры эффекта.
  - группа Stereo Chorus Mode - стереофонические свойства эффекта.
  - группа Output - пропорции смешивания обработанного эффектом (Wet Out) и исходного (Dry Out) сигналов.
  - Группа установленных параметров
3. Выполните команду Effects - Delay Effects – Delay. Этот эффект служит основой технологии создания стереозаписей, позволяет выполнить задержку акустического или электрического сигнала.
4. Ознакомьтесь с настройками данного эффекта.
5. Прделайте такую же работу по знакомству со следующими эффектами: Flanger (флэнжер) и Phaser (фэйзер); Reverb (Реверберация), Sweeping Phaser Effects (перестраиваемый фазовращатель).

### 3.2. Тематика семинарских занятий

#### **Тема 2. Технические средства звуковых систем. Практика студийной работы**

*Цель:* Изучить основные технические средства звуковых систем. Рассмотреть практику студийной работы.

*Литература:*

1. Меерзон, Б.Я. Акустические основы звукорежиссуры / Б.Я. Меерзон.- Аспект Пресс, 2004. - 205 с.
2. Меерзон, Б.Я. Основы звукорежиссуры и оборудования студий звукозаписи / Б.Я. Меерзон. – Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им.М.А.Литовчина, 2009. – 260с.
3. Акустика студий. Студии звукозаписи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://topzvuk.com/obuchenie/akustika/852.html/> Дата доступа:29.07.2016
4. Алдошина, И.А., Войшвилло, А.Г. Высококачественные акустические системы и излучатели / И.А. Алдошина, А.Г.Войшвилло. – М.: Радио и связь, 1985. - 168с.
5. Вахитов, Я.Ш. Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура / Я.Ш.Вахитов. - Изд-во:Искусство, 1982. - 415с.
6. Ньюэлл, Ф. Звукозапись: акустика помещений / Ф. Ньюэлл. – ПроЛайт, 1998. – 182с.
7. Фрай, Д. Микширование «живого» звука / Д.Фрай. - Изд-во: Редакция «IN/OUT», 1996. - 132 с.

#### **Тема 6. Современные компьютерные системы в музыке**

*Цель:* Углубить и систематизировать знания по современным компьютерным системам в музыке.

*Литература:*

1. Живайкин, П. 600 звуковых и музыкальных программ / П.Живайкин. - СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 2000 - 624 с.
2. Живайкин, П. MIDI-технология в картинках и таблицах [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://musicinform.narod.ru/ar000/ar004w/ar004.htm/> Дата доступа: 19.07.2016
3. Виртуальные студии. Создание музыки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.incunabula.ru/blogs/makemusic/instrumentarij/virtua-l-nie-studii/> Дата доступа: 20.08.2016



4. Что такое музыкальные форматы [Электронный ресурс]. - Режим доступа:[http://bestmusica.ru/blog/kharakteristiki\\_muzykalnykh\\_formatov/2011-01-19-33/](http://bestmusica.ru/blog/kharakteristiki_muzykalnykh_formatov/2011-01-19-33/) Дата доступа: 20.07.2016

5. Бризицкий, Т. О современных форматах кодирования аудио [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://websound.ru/articles/technologies/formats.htm/> Дата доступа: 15.07.2016

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

## 4. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 4.1 Задания для контролируемой самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов направлена на совершенствование их умений и навыков по дисциплине «Музыкальная информатика». Цель самостоятельной работы студентов - способствование усвоению в полном объеме учебного материала дисциплины через систематизацию, планирование и контроль собственной деятельности. Преподаватель дает задания по самостоятельной работе и регулярно проверяет их исполнение.

Содержание и формы контролируемой самостоятельной работы студентов рекомендуется непосредственно связывать с использованием метода проектов, что позволяет реализовывать индивидуальный подход к обучению. В ходе работы над проектами студенты лучше углубляются в предметную область. В результате каждый студент создает в процессе самостоятельной работы творческие проекты (выполняет издательское оформление аранжировку в нотном редакторе, создает аранжировку в программе-секвенсоре) под руководством преподавателя. Такая организация работы способствует развитию как информационной, так и профессиональной компетенции.

#### *Вопросы и творческие задания*

1. Тема 7 Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box

Выберите любое музыкальное произведение и создайте документ в программе Sibelius. Примените расстановку акцентов, лиг и текстовой информации. Файлы для набора представлены в папке «Ноты» и «Видеоуроки Sibelius». Сохраните файл в формате программы и сделайте экспорт в midi-формат. Форма отчета – электронная версия (файл).

2. Тема 8 Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition

Возьмите midi-файл из задания 1 и сделайте микширование и сведение трека на основе лабораторной работы 7. Экспортируйте файл в разных форматах. Форма отчета – электронная версия (файл).

3. Написать реферат на одну из предложенных тем:

- Тема 1. История развития компьютерных технологий в музыке;
- Тема 3. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Элементы нотной грамоты;
- Тема 4. Методы синтеза звука;
- Тема 5. Цифровая обработка музыкального звука.

## 4.2 Контрольные вопросы по темам

*Тема 1. Введение. История развития компьютерных технологий в музыке*

1. Цели информационного (компьютерного) моделирования в культуре.
2. Математические методы как основа моделирования музыкальной композиции.
3. Первые электроакустические музыкальные инструменты: виды.
4. Принципы формирования и обработки музыкального звука.
5. Особенности использования электроакустических инструментов.
6. История создания и классификация электронных музыкальных инструментов.

*Тема 2. Технические средства звуковых систем. Практика студийной работы*

1. Архитектура рабочего места музыканта.
2. Аппаратные средства поддержки АРМ музыканта: микрофоны, MIDI-клавиатуры, звуковые карты, усилители, звуковые колонки, наушники и др.
3. Акустические системы: назначение и основные функции.
4. Классификации и принципы действия акустических систем. Их использование.
5. Задачи, архитектура, общие сведения о современной цифровой студии звукозаписи.
6. Классификация студий по назначению.

*Тема 3. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Элементы нотной грамоты*

1. Теоретические основы обработки звуковых сигналов.
2. Физические основы формирования, передачи, обработки и восприятия аудиосигналов.
3. Физические характеристики звукового поля.
4. Музыкальный звук с точки зрения физики звуковой волны.
5. Звук как неразрывный акустический сигнал.
6. Тембр и спектр звука. Обертоны.
7. Понятие музыкальной акустики.
8. Современные средства в музыкальной акустике.

9. Элементы нотной грамоты.
10. Нотный стан, ключевые знаки.

#### *Тема 4. Методы синтеза звука*

1. Понятие об электронном синтезе звукового сигнала как процессе формирования сложного электрического сигнала.
2. Основные методы синтеза звука: аддитивная.
3. Синтез на основе волновых таблиц.
4. Сэмплирование.
5. Использование методов синтеза музыкального звука.
6. Музыкальные синтезаторы и их использование.

#### *Тема 5. Цифровая обработка музыкального звука*

1. Основы теории цифрового звука.
2. Непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука.
3. Процесс дискретизации (построение выборки) и процесс квантования аналогового звука.
4. Ряд Фурье как теоретическая основа разложения неразрывного сигнала на гармонические составляющие.
5. Теорема Котельникова.
6. Форматы звуковых файлов. Общие сведения.
7. Характеристики и области применения.
8. Преобразование цифрового звука в аналоговый.

#### *Тема 6. Современные компьютерные системы в музыке*

1. Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований.
2. MIDI-технологии.
3. Понятие программируемой музыки.
4. Цифровые сэмплерные синтезаторы.
5. Секвенсары.
6. Виртуальные музыкальные инструменты.
7. Обзор программных средств: нотно-текстовые редакторы (MuseScore, NoteTrainer, Guitar Pro, TuxGuitar, Lilypond, Encore, Sibelius, Finale).
8. Звуковые программы-редакторы (mp3DirectCut, Free Audio Editor, Nero SoundTrax, Audacity, WavePad, AVS Audio Editor, GoldWave, Звуковой Нормализатор, Sound Forge, WaveLab, Adobe Audition).

9. Программы-секвенсары (Ableton Live, Steinberg Cubase, Cakewalk Sonar, Logic Pro, FL Studio, Orion Synapse Audio, Native Instruments Reaktor, VanGuard).

### 4.3. Перечень вопросов по темам семинарских занятий

Тема 2. Технические средства звуковых систем. Практика студийной работы

*Вопросы:*

1. Архитектура рабочего места музыканта.
2. Аппаратные средства поддержки АРМ музыканта: микрофоны, MIDI-клавиатуры, звуковые карты, усилители, звуковые колонки, наушники и др.
3. Акустические системы: назначение и основные функции.
4. Классификации и принципы действия акустических систем. Их использование.
5. Задачи, архитектура, общие сведения о современной цифровой студии звукозаписи.
6. Классификация студий по назначению.

Тема 6. Современные компьютерные системы в музыке

*Вопросы:*

1. Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований.
2. MIDI-технологии.
3. Понятие программируемой музыки.
4. Цифровые сэмплерные синтезаторы.
5. Секвенсары.
6. Виртуальные музыкальные инструменты.
7. Обзор программных средств: нотно-текстовые редакторы (MuseScore, NoteTrainer, Guitar Pro, TuxGuitar, Lilypond, Encore, Sibelius, Finale).
8. Звуковые программы-редакторы (mp3DirectCut, Free Audio Editor, Nero SoundTrax, Audacity, WavePad, AVS Audio Editor, GoldWave, Звуковой Нормализатор, Sound Forge, WaveLab, Adobe Audition).
9. Программы-секвенсары (Ableton Live, Steinberg Cubase, Cakewalk Sonar, Logic Pro, FL Studio, Orion Synapse Audio, Native Instruments Reaktor, VanGuard).

#### 4.4. Перечень вопросов к зачету

1. Цели и задачи использования музыкально-компьютерных технологий в музыке.
2. Математические методы как основа моделирования параметров музыкальной композиции.
3. Первые электроакустические музыкальные инструменты: виды, принципы формирования и обработки музыкального звука. Особенности использования.
4. История создания и классификация электронных музыкальных инструментов.
5. Аппаратные средства поддержки АРМ (автоматическое рабочее место) музыканта: микрофоны, наушники, midi-клавиатуры и т.д.
6. Акустические системы: назначение и основные функции, классификация и принципы работы.
7. Аудиосигналы и их характеристики.
8. Основные элементы музыкальной грамоты.
9. Элементы традиционной нотной записи.
10. Основные характеристики музыкального звука.
11. Аналоговые и цифровые звуковые сигналы.
12. Цифровое моделирование музыкального звука. Дискретизация и квантование.
13. Теорема Котельникова. Количественное измерение информации квантового сигнала.
14. Технические и аппаратные средства компьютерных технологий в музыке.
15. Типологизация музыкальных компьютерных программ.
16. Форматы музыкальных моделей. Midi-технологии.
17. Понятие программирования музыки. Семплы. Секвенсары.
18. Особенности программных средств: нотно-текстовые редакторы.
19. Особенности программных средств: звуковые программы-редакторы.
20. Особенности программных средств: программы-секвенсары.
21. Способы ввода и редактирования нотной и текстовой информации в Sibelius.
22. Редактирование и изменение партитур в окне микширования в Sibelius.
23. Изменение состава ансамбля инструментов в партитурах Sibelius. Возможности аранжировки.

24. Обработка звука, шумоподавление и наложение эффектов в Sound Forge

25. Adobe Audition: интерфейс, характеристики специальных возможностей.

26. Использование различных эффектов. Объединение аудиофайлов в Adobe Audition.

27. Применение стилей и способы ввода в программе Band-in-a-Box.

28. Гармонизация мелодии и генерирование композиции в автоматическом режиме Band-in-a-Box.

29. Общие настройки и навигация в цифровой звуковой рабочей станции Cubase.

30. Создание и редактирование трека в Cubase.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

#### 4.4 Критерии оценки результатов учебной деятельности студентов

Для выявления и исключения пробелов в знаниях студентов рекомендуется использовать следующие средства:

- 1) фронтальный опрос на лекциях, лабораторных и семинарских занятиях;
- 2) выполнение творческих заданий, которые предполагают эвристическую деятельность и поиск неформальных решений.

Самостоятельная работа студентов направлена на обогащение их умений и навыков по учебной дисциплине «Музыкальная информатика» в свободное от обязательных учебных занятий время. Целью самостоятельной работы студентов является усвоение в полном объеме содержание учебной дисциплины через систематизацию, планирование и контроль собственной деятельности. Задание по самостоятельной работе преподаватель даёт в начале обучения. Для выполнения самостоятельной работы студент может самостоятельно выбрать программные средства.

Дисциплина изучается в течение одного семестра и предусматривает самостоятельную работу студентов. К зачету студент должен представить созданную аранжировку выбранного нотного текста и реферат на выбранную тему. На семинарских занятиях предусмотрено рассмотрение теоретических вопросов из области развития компьютерных технологий в музыке.



## **5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

### **5.1 Учебная программа**

1. Музыкальная информатика: учебная программа по специальности 1-21 04 01 Культурология (по направлениям), специальности 1-21 04 01-02 Культурология (прикладная), специализации 1-21 04 01-02 04 Информационные системы в культуре / М.М. Другакова, Е.А. Марецкий. – Минск: БГУКИ, 2012. – 11с.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

## 5.2 Учебно-методические карты учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				
	Лекции	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Количество часов УСП	Форма контроля знаний
<b>Введение.</b>	2				
<b>Тема 1.</b> История развития компьютерных технологий в музыке				2	
<b>Тема 2.</b> Технические средства звуковых систем. Практика студийной работы		2			
<b>Тема 3.</b> Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Элементы нотной грамоты	2			2	
<b>Тема 4.</b> Методы синтеза звука	2			2	
<b>Тема 5.</b> Цифровая обработка музыкального звука	2			2	
<b>Тема 6.</b> Современные компьютерные системы в музыке		2			
<b>Тема 7.</b> Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box*			8		проект
<b>Тема 8.</b> Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition*			8		проект
<b>Всего:</b>	8	4	16	8	

\* Возможно использование других соответствующих компьютерных систем.

### 5.3 Учебно-методические карты учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Название раздела, темы	Количество аудиторных часов	
	Лекции	Лабораторные занятия
<b>Введение.</b>	2	
<b>Тема 1.</b> История развития компьютерных технологий в музыке		
<b>Тема 2.</b> Технические средства звуковых систем. Практика студийной работы		
<b>Тема 3.</b> Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Элементы нотной грамоты	2	
<b>Тема 4.</b> Методы синтеза звука		
<b>Тема 5.</b> Цифровая обработка музыкального звука		
<b>Тема 6.</b> Современные компьютерные системы в музыке		
<b>Тема 7.</b> Моделирование музыкальных партитур с помощью программы Sibelius, Band-in-a-box*		4
<b>Тема 8.</b> Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм на примере программ Cubase, Sound Forge, Adobe Audition*		2
<b>Всего:</b>	4	6

## 5.4 Список основной литературы

1. Азатян, Г. Учебник по программе Sibelius 4 второе издание с исправлениями и дополнениями// Г. Азатян. – г. Батуми, 2006. – 69 с.
2. Алдошина, И.А., Приттс, Р. Музыкальная акустика: Учебник для высших учебных заведений / И.А. Алдошина, Р. Приттс. – СПб.: Композитор-Санкт-Петербург, 2006. – 720 с. (С. 5-20)
3. Алексеев, Б., Мясоедов, А. Элементарная теория музыки /Б. Алексеев, А. Мясоедов. – М.: Музыка, 1986.—240 с., нот.
4. Бризицкий, Т. О современных форматах кодирования аудио [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://websound.ru/articles/technologies/formats.htm/> Дата доступа: 15.07.2016
5. Бураўкін, А.Г. Інфармацыйныя тэхналогіі ў мастацтве / А.Г.Бураўкін. – Мн.: Бел. ун-т культуры, 1999. – 250с. (С. 35-105)
6. Енохович, А.С. Краткий справочник по физике. Изд. 2-е, перер. и доп. / А.С. Еханович. – М.: «Высшая школа», 1976. – 288 с.
7. Живайкин, П.Л. 600 звуковых и музыкальных программ / П.Л. Живайкин. – СПб.: ВНУ-Санкт-Петербург, 2000 - 624 с.: ил.
8. Запись и редактирование звука. Музыкальные эффекты / А.П. Загуменов. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2005. – 181с
9. Кабардин, О.Ф. Физика. Справочные материалы. Учебное пособие для учащихся. – 3-е изд. / О.Ф.Кабардин. – М.: «Просвещение», 1991. – 367 с.
10. Кирн, П. Цифровой звук. Реальный мир: [практическое руководство] / Питер Кирн ; [пер. с англ. и ред. С. А. Добродеева]. - Москва [и др.]: Вильямс, 2008. - 713 с.
11. Леонтьев, В.П., Прокошев, И.В. Самоучитель. Цифровое фото, музыка и звук / В.П. Леонтьев, И.В. Прокошев. – М.: «ОЛМА-ПРЕСС», 2005. – 384 с.
12. Меерзон, Б.Я. Основы звукорежиссуры и оборудования студий звукозаписи / Б.Я. Меерзон. – Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им.М.А.Литовчина, 2009. – 260с.
13. Описание основных аудио форматов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ldsound.ru/opisanie-osnovnyx-audio-formatov/>. – Дата доступа: 15.09.2016
14. Петелин, Р. Ю. Музыкальный компьютер. Секреты мастерства. 2-е изд., перераб. и доп. / Р.Ю. Петелин, Ю.В. Петелин. – СПб.: БХВ-Петербург: Арлит, 2004. – 688с. (С. 23-40, 77-85, 111-161)
15. Петелин, Р. Ю. Steinberg Cubase 5. Запись и редактирование музыки/ Р. Ю. Петелин, Ю. В. Петелин. — СПб.: ВХВ-Петербург. 2010. — 896 с.
16. Пучков, С.В., Светлов. М.Г. Музыкальные компьютерные технологии. Современный инструментарий творчества / С.В. Пучков, М.Г. Светлов. СПб.: СПбГУП, 2005. – 232 с.

17. Рагс, Ю. Н. Акустические знания в системе музыкального образования. Очерки. / Ю.Н. Рагс. – Рязань: Литера М, 2010. – 336 с.
18. Радзишевский, А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука / А.Ю. Радзишевский. – М.: Вильямс, 2006. – 288с.
19. Савельев, И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. Издание второе, исправленное / И.В. Савельев. – М.: Издательство «Наука», , 1966. – 404 с.
20. Скрипкин, Д. Л. История музыкальных изобретений и понятие музыкальная информация [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://library.by/portalus/modules/culture/referat\\_readme.php?subaction=showfull&id=1168426343&archive=&start\\_from=&ucat=&](http://library.by/portalus/modules/culture/referat_readme.php?subaction=showfull&id=1168426343&archive=&start_from=&ucat=&) Дата доступа: 29.07.2016
21. Сушкевич, Н. С. Музыкальная информатика в системе современного музыковедения / Н. С. Сушкевич // Весці Беларускай дзяржаўнай акадэміі музыкі. Навукова-тэарэтычны часопіс. – № 6. – 2005. – С. 116–122.
22. Фишер Джеффри, П. Создание и обработка звука в Sound Forge; пер. с англ. С.В. Корсакова / П. Фишер Джеффри. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2005. – 136 с.
23. Харуто, А. В. Музыкальная информатика. Теоретические основы / А.В. Харуто. – М.: ЛКИ, 2009. – 400 с. (С. 4-10, 120-250)
24. Cubase SX. Ваш первый музыкальный трек / А.А. Лоянич. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2007. – 176 с.

## 5.5 Список дополнительной литературы

1. Акустическая система. Основные понятия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ldsound.ru/akusticheskaya-sistema-osnovnye-ponyatiya/> Дата доступа:29.07.2016.
2. Акустика студий. Студии звукозаписи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://topzvuk.com/obuchenie/akustika/852.html/> Дата доступа:20.07.2016
3. Алдошина, И.А., Войшвилло, А.Г. Высококачественные акустические системы и излучатели / И.А. Алдошина , А.Г.Войшвилло. – М.: Радио и связь, 1985. - 168с.
4. Алдошина, И.А., Приттс, Р. Музыкальная акустика / И.А. Алдошина, Р. Приттс. – СПб.: Композитор, 2006. – 720с.
5. Белунцов, В. Музыкальные возможности компьютера. Справочник / В. Белунцов. – СПб.: Издательство Питер, 2000. – 432 с.: ил.
6. Вейценфельд А. Микрофоны / А. Вейценфельд // «Звукорежиссер». – М., 2000, № 1. –С. 3-8.
7. Вахитов, Я.Ш. Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура / Я.Ш.Вахитов. - Изд-во:Искусство, 1982. – 415с.
8. Виртуальные студии. Создание музыки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.incunabula.ru/blogs/makemusic/instrumentarij/virtualnie-studii/> Дата доступа: 20.08.2016
9. Гарриус Скотт, Р. Sound Forge. Музыкальные композиции и эффекты. Пер. с англ. / Р. Гарриус Скотт. – СПб.: БХВ – Петербург; 2002. – 384 с.; ил.
10. Горбунова, И.Б. Музыкальное программирование, или программирование музыки и музыкально-компьютерные технологии / И.Б. Горбунова // Журнал: Теория и практика общественного развития. – № 7. – 2015. – С. 213-218.
11. Денисов, Э.В. Стабильные и мобильные элементы музыкальной формы и их взаимодействие / Э.В. Денисов // Теоретические проблемы музыкальных форм и жанров. – М.: Музыка, 1971.
12. Зайцев, В.Ф. Математические модели в точных и гуманитарных науках / В.Ф. Зайцев. – СПб.: ООО "Книжный дом", 2006. – 112с.
13. Зуев, Б.А. Программный синтезатор ReBirth RB- 338 / Б.А. Зуев. – М.: Издательство ЭКОМ, 1999. – 208 с.: ил.
14. Кинтцель, Тим. Программирование звука на пк [Текст] / Тим Кинтцель ; [пер. с англ. Злобин И. Г.]. - Москва : ДМК, 2005. - 431 с.
15. Кондрашин, П. Принципы расстановки микрофонов / П. Кондрашин // Звукорежиссер, 2000. –№10. – с.56 – 61.
16. Левин, В.И. История информационных технологий / В.И. Левин. – Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. – 336с.

17. Леонтьев, В.П. Новейшая энциклопедия. Компьютер и Интернет 2013 / В.П. Леонтьев. – М.: ОЛМА-Медиа Групп, 2012. – 960с.
18. Леонтьев, В. Обработка музыки и звука на компьютере / В.Леонтьев. -Изд-во: ОЛМА-ПРЕСС, 2005. - 192с.
19. Меерзон, Б.Я. Акустические основы звукорежиссуры / Б.Я. Меерзон.- Аспект Пресс, 2004. - 205 с.
20. Нисбетт, А. Звуковая студия. Техника и методы использования / А. Нисбетт. - М: Связь, 1979. - 464с.
21. Ньюэлл, Ф. Звукозапись: акустика помещений / Ф. Ньюэлл. – ПроЛайт, 1998. – 182с.
22. Радзишевский, А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука / А.Ю. Радзишевский. – М.: "И.Д. Вильямс", 2006. – 288с.
23. Смирнов, Д. В., Логутенко, О. И. Аппаратные средства мультимедиа. Аудиосистема РС / Д.В. Смирнов, О.И. Логутенко. – СПб: БХВ-Санкт-Петербург, 1999. – 384 с. (С. 4-18)
24. Современное музыкальное образование — 2014: Материалы XIII Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. И. Б. Горбуновой. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. — 572 с
25. Способин, И.В. Элементарная теория музыки / И.В. Способин. - М.: Кифара, 1996. - 208с
26. Сушкевич, Н. С. Идеи и технологии электронных звучаний / Н. С. Сушкевич // Весці Беларускай дзяржаўнай акадэміі музыкі: Навукова-тэарэтычны часопіс. – № 7. – 2005. – С. 102–116
27. Учебник cubase [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cubase.su/publ/1-1-0-110/> Дата доступа:29.07.2016
28. Фрай, Д. Микширование «живого» звука / Д.Фрай. - Изд-во: Редакция «IN/OUT», 1996. - 132 с.
29. Что такое музыкальные форматы [Электронный ресурс]. - Режим доступа:[http://bestmusica.ru/blog/kharakteristiki\\_muzykalnykh\\_formatov/2011-01-19-33/](http://bestmusica.ru/blog/kharakteristiki_muzykalnykh_formatov/2011-01-19-33/) Дата доступа: 20.07.2016

## 5.6. Учебный терминологический словарь

Аддитивный (additive — сложение) метод синтеза, применявшийся еще в органе Хаммонда. Результирующий тембр формируется путем сложения нескольких исходных колебаний.

*Акустическая система* – устройство для воспроизведения звука, состоящее обычно из нескольких громкоговорителей, размещённых в одном общем корпусе. Акустические системы входят в комплекты большинства электрофонов, магнитофонов и музыкальных центров, широко применяются в сочетании с электромузыкальными инструментами, а также в составе звуковоспроизводящей аппаратуры в кинотеатрах и концертных залах. К основным показателям, характеризующим акустические системы, относятся номинальная мощность и диапазон воспроизводимых частот. От диапазона воспроизводимых звуковых частот зависит качество звучания, возможность воспроизведения звуковых оттенков.

*Амплитуда* звуковой волны обозначает «силу звука», или громкость. Амплитуду измеряют в децибелах.

*Алгоритмическая музыка*, это понятие часто приравнивают к применению математики в музыке. Алгоритм – это набор заранее заданных инструкций для так называемого универсального исполнителя, то есть устройства, которое может понимать определенный набор команд и безусловно исполнять их.

*Альтерацией* называется повышение или понижение диатонических ступеней называется

*Аналоговое моделирование*, как материальное средство, когда модель и объект имеют разную физическую природу, но процессы, происходящие в модели, описываются теми же математическими соотношениями, что и в изучаемом объекте. В качестве примера можно сослаться на изучение механических колебаний с помощью электрической системы, описываемой теми же уравнениями, что и механическая система. Ярким примером такого типа моделирования является моделирование на аналоговых вычислительных машинах (АВМ).

*Гармония* это мелодическая слаженность и благозвучность. Гармония в музыке основывается на слиянии звуков в созвучия – аккорды или интервалы. Их музыкальная наука уже рассматривает по критериям благозвучности: консонанс – звучит приятно, а диссонанс – неприятно.

*Длина волны* показывает длину одного периода волны на плоскости. Длину волны измеряют в метрах.



*Дуофоники* - инструменты, способные воспроизводить два голоса одновременно: они оставались аналоговыми и принцип их действия немногим отличался от монофоников.

*Звук* — это волна, то есть колебания молекул среды (для простоты — молекул воздуха). У любой волны есть две важных характеристики: длина и амплитуда.

*Звуковое давление* – это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при прохождении звуковой волны.

*Имитация* в музыке, точное или неточное повторение в каком-либо голосе многоголосного музыкального произведения мелодии, непосредственно перед этим прозвучавшей в другом голосе. Возникла в народном многоголосии; с 13 в. постепенно становится распространённым в профессиональной музыке приёмом изложения, развития и разработки тематического материала.

*Интенсивность звуковых волн (I)* – среднее значение плотности потока энергии, которую несёт с собой волна.

*Интервал* (от лат. intervallum — промежуток, расстояние) в музыке — расстояние между двумя звуками определённой высоты. Расстояние между звуками в музыке измеряется полутонами.

*Искусственный звук*, тот который создается при помощи программных средств. Искусственные звуки не имеют естественных свойств: ограничение в высотном диапазоне, темпе, длительности, интенсивности. К характеристикам таких звуков можно отнести частоты, количество гармоник, модуляции, уровни шума, формы огибающей, и прочие параметры физического плана.

*Компьютерная музыка*, течение в электронной музыке, основано на применении компьютеров (в том числе оснащенных ими синтезаторов звука). Возникло в 1950 — 60-е гг. (первый образец — "Иллиакская сюита" для струнного квартета американского композитора Л. Хиллера и программиста Л. Айзексона, 1957). Среди представителей — М. Беббитт, П. Барбо, К. Штокхаузен, Я. Ксенакис.

*Конкретная музыка* (фр. musique concrète) — разновидность академической электронной музыки, в основе которой лежит не мелодическая мысль, а совокупность природных шумов и звуков, записанных заранее, и в ряде случаев подвергнутых различным преобразованиям (обработка фильтрами, искажение, изменение скорости). Толчком к появлению стиля послужили развитие звукозаписывающей техники, появление доступных микрофонов и магнитофонов, и, как следствие, доступность средств звукозаписи для экспериментов.

*Ладом* называется система устойчивых и неустойчивых звуков (ступеней лада), объединенных — на основе мелодических, функциональных связей — тяготением к единому устойчивому центру — тонике.

*Моделирование* – это изучение объектов исследования не непосредственно, а косвенным путем, при помощи некоторых вспомогательных объектов, которые принято называть моделями. Моделирование как способ отражения действительности зародился еще в античном мире, когда появилось научное познание.

*Монохроматической волной* называется электромагнитная волна одной определенной частоты. Монохроматическая волна не ограничена в пространстве и во времени.

*Нотный стан или нотоносец* эта система пяти параллельных горизонтальных линиях, пронумерованных снизу вверх, на который записываются ноты (звуки).

*Обертон* является дополнительным звуком или призвучием, находящимся выше основного тона, спетого голосом или сыгранного на каком-либо музыкальном инструменте. Музыкальный термин: обертон – это своеобразное украшение природного натурального звука.

*Октава* — это звуковой интервал, частоты звуков в котором отличаются ровно в два раза.

*Полифонические*, многоголосные, инструменты (от 4 до 8 голосов) смогли появиться лишь на базе микропроцессоров, предоставивших возможность контролировать несколько генераторов внутри одного инструмента и синхронно менять их тембры (цифровым, правда, здесь был только контроль, а звуковой материал оставался аналоговым).

*Полутон* - минимальная единица измерения музыкального интервала, ближайшее расстояние между двумя звуками, то есть два соседних звука. Если ориентироваться по фортепиано, то это расстояние между двумя соседними клавишами.

*Порог слышимости* – минимальная интенсивность волны, которая вызывает звуковое ощущение. Порог слышимости несколько различен для разных людей и зависит от частоты звука.

*Преобразование Фурье* (Fourier transform)– это разложение функций на синусоиды (далее косинусные функции мы тоже называем синусоидами, т.к. они отличаются от «настоящих» синусоид только фазой).

*Регистровый синтез* (разновидность аддитивного) - в качестве исходных данных используют колебания более сложной формы, например, пилообразные или прямоугольные.

*Синтезатор* — это электронный музыкальный инструмент, способный генерировать, комбинировать и обрабатывать широкий спектр звуков.

*Синусоидальная волна* характеризуется следующими основными параметрами: цикл - одна полная электрическая последовательность; пиковое значение ( $V_p$ ) - максимальный положительный или отрицательный уровень, называемый также амплитудой; период ( $t$ ) - время одного полного цикла; частота ( $f$ ) - число циклов в секунду, которое измеряется в герцах (Гц). Один герц равен одному циклу в секунду. Из этого следует, что период и частота являются обратными величинами.

*Спектр звука* — это график, который показывает, из каких частот (гармоник / обертонов) составлен звук и какая у каждой из этих составляющих амплитуда. То есть спектр — это наглядное отражение всех частотных составляющих звуковой волны.

*Студия звукозаписи* — специальное помещение, созданное для записи и обработки звука, также известное под названием звукозаписывающая студия, или аудиостудия. Студия включает в себя комнаты звукоинженера, комнаты для записи, музыкальных инструментов, и в отдельных случаях — из комнаты прослушивания, иногда также выделяют отдельное помещение под аппаратную, где может устанавливаться громоздкая и шумная аппаратура, например магнитофон. К помещениям, где производится непосредственно звукозапись и контроль записываемого материала, имеются специальные требования: звукоизоляция и звукопоглощение.

*Субтрактивный метод* (subtractive — вычитание) синтеза. Сущность этого метода заключается в том, что новый тембр создается путем изменения соотношений между отдельными составляющими в спектре первоначального колебания.

*Сэмплирование* (англ. Sample – «образец»). Применительно к звуку и музыкальным секвенсорам сэмпл – это какой-то оцифрованный фрагмент звучания инструмента. Понятие сэмплирования сводится к созданию новых звуков на основе применения разного рода фильтров, огибающих и т. д.

*Тембр* (фр. timbre — «колокольчик», «метка», «отличительный знак») — (обертоновая) окраска звука; одна из специфических характеристик музыкального звука (наряду с его высотой, громкостью и длительностью). По тембру отличают звуки одинаковой высоты и громкости, но исполненные на различных инструментах, разными голосами, или же на одном инструменте, но разными способами, штрихами. Тембр того или иного музыкального инструмента определяется материалом, формой, конструкцией и условиями колебания его вибратора, различными свойствами его резонатора, а также акустикой того помещения, в котором данный инструмент звучит. В формировании тембра каждого конкретного звука ключевое значение имеют его обертоны и их соотношение по высоте и

громкости, шумовые призвуки, параметры атаки (начального импульса звукоизвлечения), форманты, характеристики вибрато и другие факторы.

*Технический прогресс* - это появление новых, технически более эффективных видов производства, которые должны быть приняты во внимание в производственной функции, и в то же время технически неэффективные виды производства должны быть исключены из нее.

*Фильтрация* – это процесс преобразования сигналов, а устройство, выполняющее фильтрацию, называется *фильтром*.

*Цифровая обработка сигналов* (ЦОС, DSP — англ. digital signal processing) — преобразование сигналов, представленных в цифровой форме.

*Цифро-аналоговый преобразователь* (ЦАП, digital-to-analogue converter, DAC) – это устройство, которое интерполирует дискретный сигнал до непрерывного.

*Частота* звуковой волны показывает какое количество колебаний совершает волна за одну секунду. Частоту измеряют в герцах

*Экспериментальная музыка* (от латинского experimentum - проба, опыт) - музыка, сочиняемая с целью проверки новых композиционных приемов, новых условий исполнения, необычного звукового материала и т. п.

*Электроакустическая музыка* (англ. Electroacoustic music) — вид электронной музыки, создаваемой путём манипуляций с предварительно записанными или генерируемыми звуками. Обычно такая музыка хранится на электронных носителях информации и воспроизводится при помощи громкоговорителей (технических средств).

*Электронная музыка* - музыка, которая создается и исполняется с помощью электронно-акустической и звуковоспроизводящей аппаратуры. В электронной музыке объектом является не только звуковая ткань и композиция в целом, но и звуковой материал. Аппаратура электронной музыки (генераторы, фильтры, модулирующие устройства, магнитофоны, усилители, динамики и прочее) обрабатывает и комбинирует акустический материал (синусоидные чистые тоны; разного рода шумы - «белый», «цветной»; импульсы, щелчки и др.) и превращает их в многообразные смеси, тембро-красочные звучания, при помощи которых композитор реализует свое сочинение.