

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:

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

Рассмотрено и утверждено
на заседании Совете университета
протокол № 10 от 16.06.2020 г.

Составитель:

Кунцевич Ольга Михайловна, преподаватель кафедры информационных технологий в культуре учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств»

Рецензенты:

И.И. Бодунова, доцент кафедры хореографии учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств», кандидат культурологии, доцент

В.С. Романчик, заведующий кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент

Рассмотрен и рекомендован к утверждению:

Кафедрой информационных технологий в культуре
(протокол от 07.04.2020 г. № 9)

Советом факультета культурологии и социокультурной деятельности
(протокол от « 30 » 03 2020 г. № 8)

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
2.1 Тематика лекционных занятий.....	5
2.2 Конспект лекций	5
3. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	46
3.1 Тематика лабораторных работ	46
3.2 Описание лабораторных работ.....	47
4. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	69
4.1 Перечень требований к зачету.....	69
4.2 Критерии оценки результатов учебной деятельности студентов.....	69
4.3 Задания для контролируемой самостоятельной работы студентов.....	70
4.4 Контрольные вопросы по темам	71
4.5 Перечень вопросов к зачету.....	73
5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	75
5.1 Учебная программа.....	75
5.2 Учебно-методические карты учебной дисциплины для дневной и заочной формы получения высшего образования.....	84
5.3 Список основной литературы.....	86
5.4 Список дополнительной литературы.....	89
5.5 Учебный терминологический словарь	91

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Момент сочинения музыки является творческим процессом и очень индивидуальным. Душевное состояние, настроение, а также и внешние условия (исторические, бытовые, социальные, политические и т.д.) все это оказывает существенное влияние на процесс создания и конечный результат. Одни мастера создают музыку за музыкальным инструментом, другие на нотной бумаге, третьи на прогулке, а в настоящее время все это может заменить компьютер или иные цифровые технологии.

Дисциплина «Музыкальная информатика» позволит раскрыть возможности в работе с музыкальной информацией. Пользователи компьютерных технологий должны обладать знаниями основ процессов информационного моделирования в музыке, технических средств обработки звука, а также использования компьютерных технологий в музыкальной издательской деятельности, что 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 учебно-методического комплекса по дисциплине «Музыкальная информатика» является предоставить студенту комплект учебно-методических материалов для изучения дисциплины, способствовать усвоению в полном объеме учебного материала дисциплины через систематизацию, планирование и контроль собственной деятельности, дать рекомендации по подготовке к текущей и итоговой аттестации.

Учебно-методический комплекс включает следующие разделы: пояснительную записку, теоретический, практический, контроля знаний, вспомогательный. Теоретический раздел учебно-методического комплекса содержит материалы, которые знакомят студентов с тематикой лекционных занятий и текстами лекций. Практический раздел содержит тематику лабораторных работ, задания и рекомендации по их выполнению. Раздел контроля знаний включает в себя перечень требований к зачету, критерии оценки результатов учебной деятельности, задания для контролируемой самостоятельной работы студентов, контрольные вопросы по темам, перечень вопросов к зачету. Вспомогательный раздел учебно-методического комплекса содержит учебную программу, учебно-методические карты для дневной и заочной формы обучения, список основной и дополнительной литературы, учебный терминологический словарь.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Тематика лекционных занятий

Лекция 1. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики.
Цифровая обработка музыкального звука. История нотации.

Лекция 2. Элементарная теория музыки

Лекция 3. История развития технических средств звуковых систем

Лекция 4. Аппаратно программные средства обработки звука

2.2 Конспект лекций

Лекция 1

*Физические свойства звука, основы музыкальной акустики.
Цифровая обработка музыкального звука. История нотации.*

Курс лекций

Основные вопросы

1. Звук как неразрывный акустический сигнал. Тембр и спектр 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. Цифровая обработка сигналов.
8. Непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука.
9. Процесс дискретизации (построение выборки) и процесс квантования аналогового звука.
10. Причины возникновения нотной записи.
11. Слоговая запись музыкальных звуков с помощью клинописи.
12. Нёвменная нотация. Русское крюковое (знаменное) письмо.
13. Буквенное обозначение звуков.
14. Нотное письмо в период XIII—XVI вв.
15. Записи нот на нотной строке. Буквенные обозначения высоты.
16. Двукратное деление в XVI в.
17. Система письма — табулатуры.
18. Изменения нотного письма в XVIII в.
19. Современное состояние нотной записи.

Цель. Изучение физических свойств звука, основ музыкальной акустики. Изучение истории возникновения нотной записи.

Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Цифровая обработка музыкального звука.

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/см²•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/см²•с. Значение интенсивности, при которой волна перестаёт восприниматься как звук, вызывая в ухе лишь ощущение боли и давления, это 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/см²•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).

Характеристики звука	Уровень громкости, дб	Интенсивность, эрг/см ² •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. 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* (*f*, *um.* — громко), *fortissimo* (*ff*, превосходная степень от *forte*) и так далее. Аналогично обозначается и тихое звучание — *p*, *pp*, *ppp* (начальные буквы итальянского слова *piano* — тихо).

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. Обертон имеет огромное значение **для настройки инструментов**. Конечно, можно использовать специальные устройства, называемые **тюнерами**.

Обертоны **голоса**, равно как и обертоны, получаемые на музыкальных инструментах, играют одну из ключевых ролей для передачи всех эмоциональных оттенков вокала. Человеческий голос является самым интересным инструментов природного происхождения. Важно научиться его использовать при помощи множества техник пения.

К **задачам** звуковой техники относятся запись, хранение, передача и воспроизведение сигналов, воспринимаемых людьми с помощью органов слуха. К задачам цифровой обработки речевых сигналов относится разборчивость речи. При цифровой обработке звуков, в большинстве случаев, должны учитываться различные критерии точности воспроизведения звуков. Подобные критерии неизбежно имеют

субъективный характер, так как окончательное заключение о качестве звука составляется на основе восприятия сигналов слушателями.

Акустическая система в доме слушателя и громкоговорители образуют важное последнее звено звуковоспроизводящей цепи. Таким образом, основными **этапами процесса звуковоспроизведения** можно выделить:

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

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 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.

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. 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:

$$Z=p*v. \quad Z - \text{ акустическое сопротивление,}$$

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

Энергетические характеристики звукового поля:

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·м²]. Так как Джоуль в секунду равен 1 Ватту, то $I = [\text{Дж/с} \cdot \text{м}^2] = [\text{Вт/м}^2]$.

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.*

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. – 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.

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 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.

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.

Большинство реальных сигналов (например, звуковых) являются непрерывными функциями. 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 (*равномерная дискретизация*). Если делать измерения достаточно часто, то по полученному дискретному сигналу можно будет достаточно точно восстановить вид исходного непрерывного сигнала.

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.

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.

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

задачам звуковой техники относятся запись, хранение, передача и воспроизведение сигналов, воспринимаемых людьми с помощью органов слуха.

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

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: Звук, интенсивность звуковых волн, порог слышимости, уровень громкости, звуковое давление, обертон, звуковое поле, линейные характеристики звукового поля, акустика, музыкальная акустика, психофизические характеристики звука, цифровая обработка сигналов, преобразование Фурье, теорема Котельникова, цифро-аналоговый преобразователь, частота среза фильтра.

История нотации

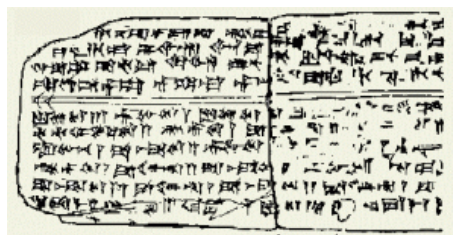
Причиной возникновения нотной записи (нотное письмо) стала потребность найти способ сохранения музыкальных напевов, так как было время, когда музыка передавалась только устно.

Нотное письмо, нотация (лат. Notatio - записывание, обозначение) — система графических знаков для записи музыки (визуализация музыки), а также сама ее запись. Классическая (пятилинейная тактовая) нотация сформировалась в процессе длительной эволюции музыкальной записи от Античности до наших дней («Словарь музыкальных терминов», 2012).

Из всех известных способов самым древним является обозначение мелодий, передаваемых по слуху, с помощью рисунков. К древнейшим

способам относится также **слоговая запись** музыкальных звуков с помощью клинописи, применявшаяся, как предполагают ученые, в Древнем Вавилоне.

Образец клинописи на глиняной табличке – Хурритская песня, (гимн богине Никкаль, г. Угарит на севере Сирии, примерно 1400 г. до н.э.):



Образец античной греческой записи музыки. Фотография камня из Дельфи, содержащего запись второго из двух Дельфийских гимнов Аполлона (примерно 2 в. до н.э.):

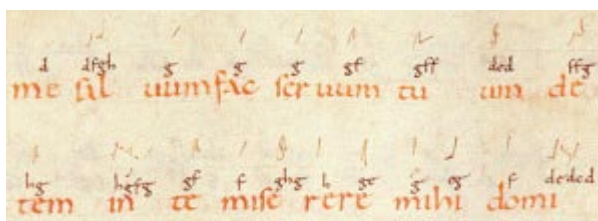


Образец византийской системы записи музыки:



До нот в европейской музыке использовались особые знаки - **невмы** (от др.-греч. **πνεμα** - дыхание). Первые невмы представляли собой набор чёрточек, точек и запятых проставляемый над текстом псалмов и использовались главным образом при католическом пении. В то время невмы обозначали лишь отдельные звуки и ход голоса (вверх или вниз), однако не обозначали их точную высоту, поэтому могли лишь напомнить уже известный мотив.

Церковное одногласие записанное невами

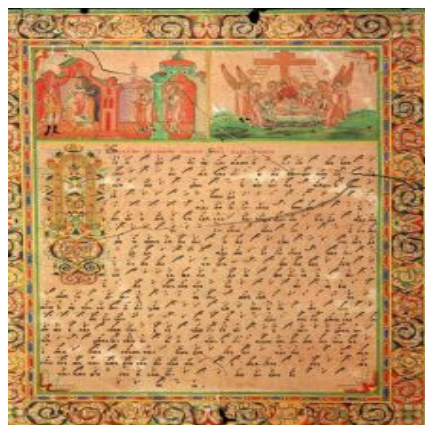


В русской церковной музыке разновидностью невенной нотации была **крюковая нотация** (в знаменном пении).

Образец знаменных обозначений с красными,

Красочная лубочная картинка с крюковой записью:

«киноварными пометами»,
Россия, 1884:



Крюки, *знамёна* в музыке (др.-рус. «знамя» означает «знак») – знаки древнерусского безлинейного нотного письма византийского происхождения. Условные обозначения состояли из графических значков типа черточек, точек, запятых и их разнообразных сочетаний. Они проставлялись над словесным текстом и обозначали отдельные звуки или мелодические обороты, ходы голоса вверх и вниз, повторение одного и того же звука, характер и способ исполнения. Крюковая нотация наглядно изображала мелодическую линию, не указывая точной высоты звуков. Запись помогала вспомнить знакомый напев, однако по ней нельзя было спеть незнакомую мелодию.

Позднее в западно-европейской музыке крюки, знамёна стали записываться на одной или двух горизонтальных линиях, буквенное обозначение которых или их цвет (красный, желтый) определяли высоту расположенных на них невм. Так постепенно в недрах невменного письма зарождалась линейная нотация, объединявшая наглядность невм и звуковысотную точность буквенной записи.

Дальнейшее развитие музыкальной письменности связано с *буквенным обозначением звуков*, указывающих на их высоту. Зародившись в Древней Греции, эта система получает все более широкое распространение.

В XI в. она была усовершенствована итальянским музыкантом Гвидо д'Ареццо (Guido D'Arezzo (примерно 991 - 1033гг)). Он разработал способ записи нот (закрашенные квадраты) на нотной строке, состоящей из четырех горизонтальных параллельных линий. Буквенные знаки, обозначающие высоту каждой из них, и невмы стали записываться не только на самих линиях, но и в просветах между ними. Все четыре линии были объединены в единую систему, ставшую прообразом современного нотного стана, а буквенные обозначения высоты линий постепенно трансформировались в ключи — условные графические знаки, определяющие высоту расположенных на нем нот.

Названия нотам Гвидо д'Ареццо дал, используя слова гимна Святому Иоанну Крестителю. Гимн «Ut queant laxis» был написан в виде кантус планус (ритмически ровное одноголосное пение, характерное для григорианского хорала) Паулусом Диаконусом (Paulus Diaconus), жившим во второй половине VIII века. Слова первой строфы гимна таковы:

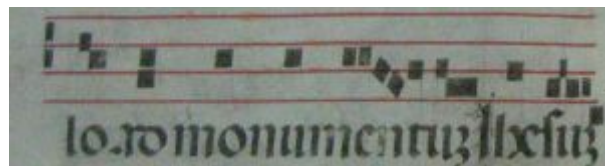
Ut queant laxis
 resonare fibris,
 Mira gestorum
 famuli tuorum,
 Solve polluti
 labii reatum,
 Sancte Ioannes.

Что примерно можно перевести так: «Чтобы слуги твои голосами своими смогли воспеть чудные деяния твои, очисти грех с наших опороченных уст, о, Святой Иоан».



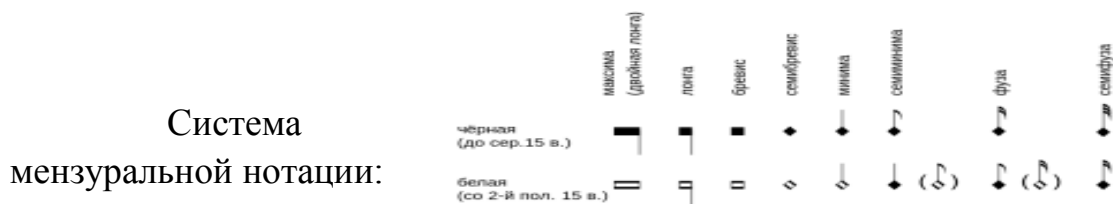
Мелодия каждой строки текста начинаются на одну ступень выше предыдущей. С лёгкой руки Гвидо д'Ареццо начальные слоги каждой фразы первой строфы превратились в названия нот, соответствующих по высоте этим слогам. Получилось «ut, re, mi, fa, sol, la».

К XIII веку количество линеек стабилизировалось, и ноты стали записываться на четырёхлинейном нотномоще:



Последующее совершенствование нотного письма в период XIII—XVI вв. шло по пути разработки **мензуральной нотации** (лат. mensurabilis, mensuratus —«размеренный»). Она наглядно передавала высоту звуков, их длительность. Была введена система специальных графических знаков для записи нот и пауз различной продолжительности, установлены точные

временные соотношения между всеми длительностями. Первоначально каждая из них предполагала деление на три равные доли. Например, максима (самая длинная) включала в себя три ноты длительности лонга (длинная).



Начиная с XVI в. деление стало **двукратным**. Значительные изменения происходили в графическом написании нотных знаков. Сменившие невмы квадратные головки округлились, появились нотные штили. С переходом от записи нот на папирусе к записи на бумаге произошло подразделение нотных знаков на «белые» (незаполненные) и «черные» (заполненные). Четырехлинейную нотную строку заменил более удобный пятилинейный нотный стан. По мере развития многоголосия стали использовать систему из нескольких нотных строк, расположенных одна над другой и объединенных общей начальной чертой или фигурной скобкой — акколадой.



Манускрипт 16-го в.:

Седьмая нота не входила в средневековый шестиступенчатый звукоряд (гексакорд). При переходе на нынешнюю октавную систему в конце XVI в. для обозначения VII ступени в семиступенном звукоряде введен слог «si», названная по первым буквам имени Sancte Iohannes из последней строчки. Во 2-й половине XVII в. ноту «ut» из-за неудобства пения открытого звука на первом месте в слог впоследствии заменили на «do».

Со временем буквы греческого алфавита заменяются латинскими. И сейчас можно встретить обозначение звука «до» латинской буквой «c», звука «ре» — буквой «d» и т. д.

В настоящее время приняты следующие названия нот: До, Ре, Ми, Фа, Соль, Ля, Си.



В США и Венгрии нота «si» (си) переименована в «ti» (ти), чтобы не было названий нот начинающихся с одной гласной, а также, чтобы не путать её с нотой C (произносится как «си») латинской нотации, где она обозначает ноту «до».

Наибольшее распространение получила латинская система обозначения нот, где ноты обозначаются буквами латинского алфавита C (до), D (ре), E (ми), F (фа), G (соль), A (ля), H (си) (читается «ха»). Эта систем обозначает ноты первыми буквами латинского алфавита. Началом отсчёта в данном варианте является не до (C), а ля (A), будучи эталонным звуком в современной музыке («ля » первой октавы соответствует частоте колебаний воздуха 440 Герц, на эту частоту настроен стандартный камертон).

Более длительным был путь утверждения современной пятилинейной нотации в инструментальной музыке. До конца XVII в. для записи инструментальных произведений применялись особые системы письма — *табулатуры*. Они представляли собой наглядные схемы, составленные из буквенных или цифровых обозначений высоты звука и дополнительных условных знаков, уточнявших ритм и динамические оттенки. По внешнему виду эти схемы были разнообразны. В них отражались особенности нотного письма, принятого в той или иной стране, специфика того музыкального инструмента, для которого они предназначались. Табулатуры отличались также по условным обозначениям: буквам, цифрам, ритмическим знакам и их комбинациям.

Среди многочисленных вариантов табулатур существовали как безлинейные, так и линейные. В линейных количество линий соответствовало числу струн музыкального инструмента или полифонических голосов в музыкальной ткани.

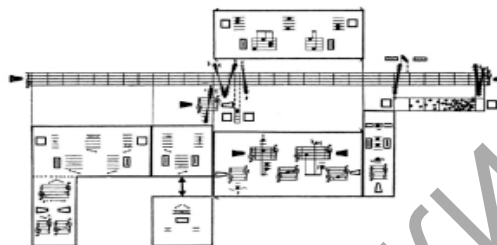
К началу XVIII в. табулатуры были заменены более простым и удобным способом записи с помощью *нот*. Постепенно терял свое значение и цифрованный бас, или, как его еще называли, генерал-бас (общий, главный бас), распространенный в XVII—XVIII вв. для записи аккомпанемента к мелодии. В этой системе нотного письма каждый звук нижнего голоса, записанного нотами, дополнялся цифровыми обозначениями гармонии, по которым исполнители достраивали все остальные сопровождающие голоса. Сейчас обе эти системы используются только как вспомогательные при обучении игре на некоторых музыкальных инструментах и изучении гармонии.

Современное нотное письмо позволяет в условной записи полно и точно отразить «живое» звучание музыки. В нем присутствует не только развитая система условных знаков (пятилинейный нотный стан; ключи; знаки альтерации ключевые и «случайные», при нотах; различные акколады;

специальные знаки, уточняющие длительность звуков, динамические оттенки, разнообразные исполнительские штрихи и т. д), но и дополнительные словесные пояснения (указания темпа, характера и способа исполнения).

Новые музыкальные течения в XX в. привнесли изменения в систему нотной записи.

К. Штокхаузен. Из цикла
для ударных:



Выводы: Нотная запись не остается неизменной. По мере развития музыкального искусства расширяется его образная сфера, обновляется музыкальный тематизм, утверждаются новые средства выразительности. Все это требует постоянного совершенствования нотной записи. Дополняется и уточняется система условных обозначений, появляются новые способы записи, отвечающие особенностям того или иного музыкального материала.

Ключевые понятия: нотная запись, нотация, слоговое письмо, невмы, крюковое письмо, знамёна в музыке, буквенное обозначение, мензуральная нотация, двукратное деление, табулатуры, нота.

Лекция 2

Элементарная теория музыки

Курс лекций

Основные вопросы

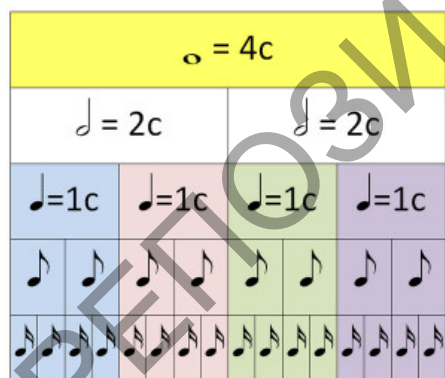
1. Нотный стан, ключевые знаки. Определение основных ключей.
2. Мажорный, минорный лад.
3. Построение интервалов. Чистые, увеличенные и уменьшенные интервалы. Построение аккордов.
4. Определение длительности нот. Ритмические схемы.
5. Определение ритма. Определение темпа.
6. Паузы и динамические оттенки.
7. Мелодия и аккомпонимент.
8. Диапазон и особенности звучания инструментов. Транспозиция.

Цель. Изучение элементарной теории музыки, элементов нотной грамотности.

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.

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 **нотносоцем**.

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

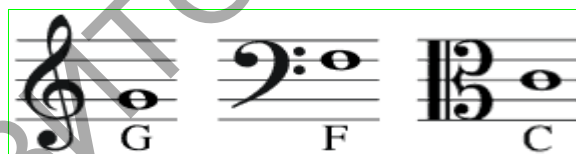


Головка ноты представляет собой геометрическую фигуру продолговато-округлой формы типа овала, которая может быть белой (то есть незаштрихованной внутри) или черной (то есть сплошь закрашенной) — в зависимости от продолжительности звучания \circ или \bullet . При одном и том же темпе белые ноты всегда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

На каждом нотносоце 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. Если звуки очень высокие или очень низкие, можно легко запутаться в количестве добавочных линий.

Во избежание этого была изобретена система **музыкальных ключей** — условных знаков, которые ставятся в начале нотного стана и обозначают регистр (высоту звучания) записанной музыки. Внешние виды ключей связаны с латинской нотацией. Ключ условно обозначает размещение одной из нот, относительно которой отсчитывается расположение всех остальных нот. Музыкальные ключи избавляют композитора от вычерчивания многочисленных добавочных линий, а значит, облегчают чтение нотного текста. Основные музыкальные ключи — скрипичный и басовый.

Скрипичный ключ «*соль*», называется так потому, что его завиток охватывает вторую линию нотного стана, на которой в этом ключе записывается нота соль первой октавы. Его вид - это как раз и есть видоизменённое изображение рукописной буквы **G**. А скрипичным он называется, потому что в нём удобно располагаются ноты, соответствующие объёму скрипки. Басовый ключ «*фа*», носит такое название потому, что между двумя его точками находится четвёртая линия нотного стана, на которой в этом ключе записывается нота фа малой октавы. Этот ключ своим видом обязан букве **F**. Если открыть ноты любого произведения для фортепиано, то можно увидеть, что партия правой руки (средний и высокий регистры) пишется в скрипичном ключе, а партия левой (низкий регистр) — в басовом. Два других ключа — альтовый «*до*» (изображённый в виде буквы **C**) и теноровый — применяются реже.



Система музыкальных ключей (центральный элемент ключа указывает расположение на нотном стане ноты, соответствующей типу ключа):



При ключе также пишут число в виде обыкновенной дроби, например 2/4, 3/4, 3/8 и т. д. Это **размер** произведения, т. е. число ритмических единиц, которые уместятся в один музыкальный слог — **такт**. Числитель дроби указывает на количество единиц, а знаменатель — на длительность главной единицы: четверть (4), восьмую (8) и т. д. Один и тот же размер может сохраняться на протяжении всего произведения, а язык музыки может и

меняться. В таком случае новый размер указывается в начале такта, а при возвращении к старому также появляется его обозначение.

Последовательность длительностей звуков в музыкальном произведении называется **ритмом** (греч. «ритмо'с», от «ре'о» — «теку»). Ритм — яркое выразительное средство музыки. Часто именно он определяет звучание того или иного произведения, а иногда даже жанра. Таковы, например, марш или вальс — их легко отличить только по ритму.

Равномерное чередование ударных (сильных) и безударных (слабых) слогов называется **метром**. Музыкальные понятия метра и размера близки к литературоведческим. *Единицей метра* в музыке служит такт, который можно сравнить со словом в стихотворении, а подобием слогов являются доли такта — ударные и безударные.

Помимо метра и ритма важную роль в музыке играет **темп** — скорость исполнения произведения. Неверно выбранный темп может совершенно исказить музыкальный образ. Для определения темпа применяются итальянские термины: адажио (adagio — «медленно»), анданте (andante — «не спеша»), аллегро (allegro — «скоро») и др. Поскольку Италия всегда играла важнейшую роль в развитии музыкального искусства, итальянский уже к XVIII в. стал международным языком музыкантов, и целый ряд слов превратился в термины, понятные профессионалу без перевода.

Совокупность понятий и нотных обозначений, связанных с оттенками громкости звучания в музыке называется **динамикой**. Указания на динамические оттенки одним из первых ввёл в музыкальную нотацию композитор эпохи Возрождения Джованни Габриэли, однако до конца XVIII века подобные обозначения использовались композиторами редко. Бах использовал термины forte, piano, più piano и pianissimo (написанные словами).

Два базовых обозначения громкости в музыке: (фóрте, итал. forte – f) — громко, (пиáно, итал. piano – p) — тихо.

Умеренные степени громкости обозначаются следующим образом: (меццо-форте, итал. mezzo-forte – mf) — умеренно громко, (меццо-пиано, итал. mezzo-piano – mp) — умеренно тихо.

Для указания ещё более крайних степеней громкости и тишины используются дополнительные буквы f и p. У некоторых компьютерных программ записи звука существуют стандартные значения скорости нажатия клавиши, соответствующие тому или иному обозначению громкости, но, как правило, эти значения можно настраивать.

Для обозначения постепенного изменения громкости используются термины крещендо (итал. crescendo), обозначающий постепенное усиление звучания, и диминуэндо (итал. diminuendo), или декрещендо (decrescendo) —

постепенное ослабление. В нотках они обозначаются сокращённо как *cresc.* и *dim.* (или *decresc.*). Для этих же целей используются особые знаки — «вилочки». Они представляют собой пары линий, соединённых с одной стороны и расходящихся с другой. Если линии слева направо расходятся (<), это означает усиление звука, если сходятся (>) — ослабление.



Данный фрагмент нотной записи указывает на умеренно громкое начало, затем усиление звука и потом его ослабление.

Акцент (итал. *accento*) — выделение отдельных тонов или аккордов посредством более сильного удара. При письме обозначается знаком > над соответствующей нотой (аккордом) или под ней.

Название паузы	Изображение паузы
Целая пауза	
Половинная пауза	
Четвертная пауза	
Восьмая пауза	
Шестнадцатая пауза	

В музыкальном ритме большую роль играют не только звуки разной длительности, но и моменты тишины — **паузы**. Паузы имеют точно такие же названия, как и длительности нот: существует целая нота и есть целая пауза, половинная длительность и половинная пауза и т.д.

Начиная же со второй половины XVIII в. число словесных указаний росло, и сейчас принято уточнять все детали. И, тем не менее, каждый исполнитель понимает содержание нотного текста по-своему, поэтому одни и те же знаки музыканты воплощают в звуках своих инструментов по-разному. Ноты, знаки, итальянские термины — лишь символы, скрывающие в себе и настроение, и оттенки звучания. Разучивая нотный текст, музыкант пытается осмыслить, а главное — почувствовать произведение.

Ладом называется система устойчивых и неустойчивых звуков (ступеней лада), объединённых — на основе мелодических, функциональных связей — тяготением к единому устойчивому центру — *тоники*. Слово «лад» в русском языке означает «согласие», «мир», «порядок».

Звуки лада образуют звукоряд. Звукоряд, где звуки расположены последовательно, в восходящем или нисходящем порядке от опорного звука, именуют *гаммой*. Гамма имеет объём октавы, но может быть продолжена и за её пределы; в этом случае она точно повторит исходную последовательность звуков. Звуки гаммы, или ступени, обозначаются римскими цифрами — от I до VII — начиная с опорного звука в восходящем порядке. Опорный звук лада, или I ступень гаммы, называется **тоникой**.

Помимо тоники, выполняющей главную функцию внутри музыкального лада, есть и другие звуки, являющиеся основными: доминанта (от лат. *dominas* — «господствующий») — главный после тоники — и субдоминанта — главный после доминанты. *Субдоминанта* и *доминанта* обычно представляют собой, соответственно, IV и V ступени гаммы. Все вместе они образуют опорное (тоническое) трезвучие лада.

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.

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).

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»).

Существует и следующее понятие как тональность. **Тональностью** называют высотное положение музыкального лада. Название тональности напрямую зависит от тоники (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 тоники.

Музыкальные произведения строятся, во-первых, на **мелодии** (от греч. - пение, песнь, напев) — определённой последовательности звуков, образующих законченную мысль. Мелодия в значительной мере определяет гармонию, фактуру, голосоведение, инструментовку произведения. Мелодия, имеющая чётко выраженное настроение, создающая образ, называется **темой**. В больших сочинениях тема часто состоит из нескольких мелодий. В свою очередь мелодия может делиться на фразы и мотивы. Во-вторых, в музыкальном произведении используются созвучия — одновременно взятые звуки. Созвучия, включающие более трёх звуков, называют **аккордами**. Тоника, доминанта и субдоминанта помогают достичь гармонии — согласованного звучания аккордов. **Гармонией** именуют также искусство

соединения аккордов друг с другом в музыкальном произведении. **Аккомпанемент** (фр. accompagnement, accompagner — сопровождать) — сопровождение одним или несколькими инструментами, а также оркестром сольной партии (певца, инструменталиста, хора и других). Сопроводителя называют аккомпаниатором. Аккомпанементом также называют гармоническое и ритмическое сопровождение основной мелодии, голоса.

Музыкальное произведение, как правило, начинается и заканчивается в одной тональности, в середине же возможен временный уход к другим тональностям. Единая тональность скрепляет произведение, придаёт ему целостность и сообщает логику развитию музыкальных тем.

Транспозицией (от лат. transpositio – перестановка) называется перенесение музыкального произведения или его раздела из одной тональности в другую. Транспозиция – важное средство развития в музыкальной форме. Транспозиция используется в вокальной и инструментальной исполнительской практике для большего удобства и эффектности исполнения. Некоторые духовые инструменты автоматически транспонируют (валторна и английский рожок – на чистую квинту вниз, кларнет in B – на большую секунду вниз, а кларнет in Es – на малую терцию вверх). Поэтому партии для них пишутся в транспозиции на соответствующий интервал вверх или вниз. Транспозицию можно представить посредством замены ключа и знаков альтерации. Однако этот способ удобен лишь для тех, кто без труда читает ноты в разных ключах.

Опытные концертмейстеры могут транспонировать сопровождение с листа, пользуясь нотами произведения в оригинальной тональности. В оперной практике иногда применяется транспозиция отдельных арий или целых партий в удобную для певца тональность

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* (#) — указывает на повышение звука на полтона;
- 2) *дубль-диез* (двойной диез, обозначается — x) — указывает на повышение звука на целый тон (или два полтона);
- 3) *бемоль* (b) — 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 полутона);

5) бекар (буквально — отказ, обозначается — \natural) — 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. Интервал можно рассматривать с двух сторон по его характеристики. 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 количество ступеней (разных нот), помещающихся между двумя звуками интервала, независимо от того как он фактически звучит. 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 четверть может делиться не на две восьмых, а на три равные части. В таком случае они 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. Фигуры особого деления обозначаются соответствующей цифрой, которая ставится, как правило, у ребра длительностей или у квадратной скобки, используемой в тех случаях, когда ребра нет.

Слово **диапазон** («*dia rason*» греческого происхождения означает «через все»), то есть – в музыке – через все звуки. Под **музыкальным диапазоном** понимается расстояние от самого низкого звука, который может издать инструмент или голос, до самого высокого. Самый большой диапазон – у органа. Он включает в себя диапазоны всех остальных инструментов – и высоких и низких. Но отдельные участки диапазона даже на одном и том же инструменте звучат неодинаково. Так, например, низкие, басовые звуки у рояля тяжеловесны, грузны, а высокие подобны звонким маленьким колокольчикам. Разные отрезки диапазона, отличающиеся друг от друга качеством звучания, называются **регистрами**. Обычно различают три регистра: нижний, средний и верхний. Чаще всего встречающийся у большинства инструментов и певческих голосов средний регистр. Таким образом, создавая музыкальное произведение, композитор или аранжировщик должен принимать во внимание характеристики исполнителя.

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.

Музыкальное произведение кроме самих нот включает большой набор знаков и символов динамики, акцентов, силой звучания и т.д. Это помогает раскрыть при исполнении характер произведения

Ключевые понятия: Гармония, альтерация, музыкальный лад, нотный стан, музыкальный ключ, ритм, метр, темп, музыкальный диапазон, динамика, размер, регистр, тон, полутон, гамма, интервал, аккорд, тоника, тональность, транспозиция, альтерация, мелодия, акцент, пауза, аккомпанемент.

Лекция 3

История развития технических средств звуковых систем

Курс лекций

Основные вопросы

1. Математические методы как основа моделирования параметров музыкальной композиции.
2. Первые электроакустические музыкальные инструменты. История создания и классификация.
3. Основные методы синтеза звука: аддитивная, синтез на основе волновых таблиц, сэмплирование.
4. Использование методов синтеза музыкального звука.
5. Музыкальные синтезаторы и их использование.
6. Устройства ввода и вывода музыкальной информации.
7. Акустические системы: назначение и основные функции, классификации и принципы действия, использование.
8. Задачи, архитектура, общие сведения о современной цифровой студии звукозаписи.

Цель. Рассмотреть историю возникновения и развития технических средств звуковых систем.

Звучание музыки воспринимается человеком как особое информационное пространство. **Целью информационного (компьютерного) моделирования** в музыке является познание тайн звукообразования. Быстрое развитие электронных музыкальных инструментов и различных аппаратных средств повлияло на возникновение музыкально-компьютерных технологий.

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. Примеры алгоритмических композиций (математического моделирования) имели место в истории еще до появления компьютеров, например запись музыкального произведения с помощью бросания игральных кубиков.

Компьютеры, в настоящее время, выступают уже не только со стороны технической поддержки творческого процесса, но и, в большинстве случаев, как создатели музыкальных произведений.

Применение компьютеров в технологии создания музыкальных композиций с одной стороны можно определить как обеспечение программной средой. В данном примере компьютер выступает как инструмент на котором отображают звуковую информацию.

Иной подход в создании музыки представляет метод, когда композитор прописывает необходимые методы манипулирования звуковой информацией. А компьютерная программа на основе этого перерабатывает, дополняет и сочиняет произведение.

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 (светомызыка), 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 МАРК I и его более совершенной версии МАРК 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.

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 регулируемыми 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 Муза*, 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.

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, 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 сэмплированием. 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 заиклиивается 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. Основой волнового синтеза являются заранее записанные звуки традиционных музыкальных инструментов или звуки, сопровождающие различные процессы в природе и технике. Если сэмплы оставить без изменений, то будет воспроизводиться звук, почти неотличимыми от голосов инструментов-первоисточников. Сэмплы можно подвергнуть модуляции, фильтрации, воздействию эффектов и получить самые фантастические звуки. 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 создается 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

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 инструменты принято разделять на: 1) синтезирующие; 2) ромплеры и семплеры.

По среде генерации сигнала в качестве классификационного признака приводит к следующему делению инструментов: 1) аналоговые; 2) гибридные: цифровые с аналоговым синтезом звука; цифровые с виртуально-аналоговым синтезом звука; цифровые.

В зависимости от количества голосов, то есть *по критерию полифонии* синтезаторы классифицируют на: 1) монофонические (одноголосные); 2) полифонические (многоголосные).

По признаку наличия клавиатуры: 1) клавишные; 2) рековые или десктопные.

По целевому назначению 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.

Устройства для ввода и вывода звуковой информации (звуковые адаптеры). К устройствам вывода звуковой информации можно отнести: колонки; динамики; наушники; электроакустические аппараты для воспроизведения речи, музыки. К устройствам ввода звуковой информации относятся микрофоны; клавиатура; виртуальные инструменты и т.д.

Акустическая система (колонки) – звено стереосистемы воспроизводящее музыку путём преобразования электрического сигнала от усилителя мощности в механические колебания динамиков (излучателей) и вследствие чего в звуковые колебания воздуха слышимые нами.

Акустические системы можно разделить по следующей классификации:

По принципу установки и размеру бывают «полочные» и «напольные» акустические системы.

По количеству полос звуковоспроизведения бывают 1; 2; и так далее до 7-ми полосные.

В зависимости от применяемых излучателей (динамиков) бывают традиционные динамические, электростатические, планарные.

В зависимости *от направленности излучения* выделяют направленные акустические системы и не направленные «контропертурные» и биполярные.

В зависимости *от низкочастотного оформления* можно выделить «открытый корпус», «закрытый корпус», «фазоинверсионное оформление», «панель-резонатор», «акустический лабиринт» и «изобарическое».

Также можно выделить группу колонок имеющих *рупорное оформление*.

В зависимости *от наличия встроенного усилителя* бывают «активные» и «пассивные» колонки.

Общие сведения об архитектуре современной цифровой студии звукозаписи можно представить в следующих вариантах использования:

1. Комнатная студия — обычно небольшое количество оборудования для записи через компьютер: компьютер; цифровая звуковая рабочая станция; аудиоинтерфейс; микрофоны; микрофонные стойки; наушники; студийные мониторы; кабели; поп-фильтр.

2. *Выделенная домашняя студия* — отдельная комната в доме (квартире), используемая только для звукозаписи, включает в себя студийную мебель и акустическую обработку: *стол/рабочая станция; стулья; басовые ловушки; акустические панели; диффузоры; акустические фильтры; подставки под мониторы; стойки для мониторов.*

3. *Полупрофессиональная студия* — комната оснащенная оборудованием, необходимым для одновременной записи нескольких музыкантов, которая может располагаться в жилом или нежилом помещении: *рэксовая стойка; источник стабилизированного питания; микрофонный предусилитель; усилитель для наушников; система управления мониторами; виртуальные инструменты; MIDI-контроллер; электронные барабанные установки; панель управления; приложения/плагины; мультитор; источник бесперебойного питания; директ-бокс.*

4. *Профессиональная студия* — расположена в нежилых зданиях, в ней есть всё для получения профессиональных результатов наименее затратным способом: *цифровые конвертеры; первичные часы; аналоговое оборудование.*

Выводы. 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.

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: моделирование и имитация творчества, экспериментальная музыка, электронная музыка, искусственный звук, конкретная музыка, компьютерная музыка, алгоритмическая музыка, электроакустическая музыка, аддитивный метод, регистровый синтез, субтрактивный метод, FM-аддитивный метод, сэмплеры, синтезаторы, клавишные инструменты.

Лекция 4.

Аппаратно программные средства обработки звука

Курс лекций

Основные 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.

Цель. Рассмотреть форматы музыкальных моделей, их назначения и методы преобразований. Провести обзор аппаратно программных средств обработки звука.

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 ди-джея, звукорежиссера, 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 сэмпирования 44,1 кГц. Однако для загрузки звука через Интернет нам лучше использовать другую разрядность и частоту сэмпирования, поскольку каждая минута 16-битного, 44-килогерцевого звука занимает примерно 10 Мбайт, т.е. средний трэк продолжительностью 5 минут составит 50 Мбайт – это слишком большой объем данных для среднестатистического пользователя.

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. Он поддерживает 8- и 16-битные монофонические и стереофонические 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.

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 DTS использует 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. Формат DTSStereo практически идентичен DolbySurround. DTS поддерживает 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 теги ID3v1 и ID3v2, поэтому их можно свободно добавлять и редактировать.

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.

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.

OGG [.ogv], [.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.

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).

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.

MOD – формат разработан для платформы Amiga. Каждый файл MOD содержит оцифрованные записи real звучания инструментов, так называемые сэмплы, чем-то похож на структуру MIDI. С_j 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 с_j может проиграть или отредактировать пронумерованные ноты. Нотам могут назначаться различные “орнаменты” – например: тремоло, глассандо и т.д.

Вопросы, связанные с *программированием музыки*, «программируемой музыкой», «музыкой на основе расчетов», обсуждаются достаточно длительное время. Эта тема имеет своих исторических «предшественников». С символикой определенных чисел связывали форму (на основе расчетов) своих произведений нидерландские мастера строгого стиля, это есть и у Баха. Чайковский считал, что любая хорошая музыка – программна. Шестая симфония Бетховена и симфония «Манфред» Чайковского – классические образцы программной музыки: их содержание и форма были программируемы композиторами на основе внешних образных сюжетов (информация о них слушателем вычитывалась из заголовков или из специально предпосланных описаний). «В широком смысле проектирование звучания будущей композиции (например, структурно-графическая реализация проекта: чертежи, ноты, предлагаемый алгоритм действий и т. п.) есть программирование», – поясняет петербургский композитор Г.Г. Белов.

Благодаря интеллектуализации персональных компьютеров (возможности программирования без использования алгоритмических языков программирования), наличию встроенных систем аналитических вычислений, обилию диалоговых средств работы с табличными, текстовыми, графическими, музыкальными объектами и т. д., а также в связи с развитием специального программного обеспечения возникли реальные возможности синтеза композиции с теорией информации, объединения музыкальных параметров с акустическими посредством серийного комбинирования. Этот же принцип, к примеру, использовал еще А. Веберн, который рассматривал серию как категорию внесубъективную.

Современный подход к проблеме создания компьютерной композиции и развития музыкального программирования зародился в 80-х гг. XX столетия и продиктован серьезными успехами в разработке программного обеспечения профессиональной деятельности музыканта, становлением музыкально-компьютерных технологий (МКТ), изучением техник звукового синтеза и сигналпроцессинга, звукотембрального программирования и т. д.

Синтез звука, с точки зрения музыканта, это способ, с помощью которого в электромузыкальных инструментах рождается звук. С тех пор, как в 60-х был изобретен первый синтезатор, появилось много концепций и способов синтеза звука. И знание простейших его основ будет полезно и профессиональным музыкантам, и владельцам крутой студийной аппаратуры, и просто любителям.

В создании (синтезе) звука можно выделить два направления развития: имитация всевозможных звуков, природных шумов, звуковых эффектов (шум ветра, взрывы, пение птиц и т.п.), музыкальных инструментов (имитационный синтез); получение принципиально новых звуков (не существующих в природе). В синтезаторах различных видов применяются различные способы синтеза звука.

Сэмплерный синтез - этот метод основывается на записи реального звучания различных музыкальных инструментов, живых звуков (сэмплов), которые затем в нужный момент воспроизводятся. Для получения звуков разной высоты, скорость воспроизведения увеличивается или уменьшается. А для того, чтобы темп звука не менялся слишком сильно, используется несколько сэмплов через определенный интервал (обычно одна-две октавы). В современных синтезаторах применяется цифровая запись звука, а все сэмплы хранятся либо в постоянной памяти синтезатора (ROM), либо на всяческих цифровых носителях (компакт-диски, дискеты, жесткие диски, картриджи). Сэмплерный метод позволяет получить максимально точное подобие звучания реального инструмента, но для этого требуются достаточно большие объемы памяти. С другой стороны, запись звучит естественно, если она исполняется при тех же параметрах, при которых она была сделана. При попытке придать ей другую амплитудную огибающую или при наложении какого-либо эффекта, естественность резко падает. Для уменьшения требуемого объема памяти применяется зацикливание (looping). В этом случае записывается только короткое время звучания инструмента, а затем в нем выделяется средняя фаза с установившимся звуком, которая при воспроизведении повторяется до тех пор, пока нажата клавиша (подается сигнал о включенной ноте). После отпускания клавиши воспроизводится завершающая фаза. На самом деле этот метод нельзя с полным правом назвать синтезом. Это скорее метод записи/воспроизведения. Однако в современных синтезаторах на его основе воспроизводимый звук можно подвергать различной обработке (модуляции, фильтрованию, добавлению эффектов), в результате чего звук может приобретать совершенно новый оттенок. Типичный представитель синтезаторов данного типа – E-mu Proteus.

Программные средства можно представить в следующей классификации: нотно-текстовые редакторы (Encore, Sibelius, Finale), MIDI-

аранжировщики (Band-in-a-Box, Cakewalk Sonar, Ableton Live, Avid Pro Tools), звуковые программы-редакторы (Adobe Audition, WaveLab, REAPER, Sound Forge Pro, Virtual DJ), программы-секвенсары (Csound, Mackie Tracktion, Cakewalk Sonar), виртуальные студии (Cubase, MAGIX Music Maker 2015, Mixcraft, FL Studio).

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.

В создании звука можно выделить два направления развития: имитация всевозможных звуков, природных шумов, звуковых эффектов, музыкальных инструментов; получение принципиально новых звуков (не существующих в природе). В синтезаторах различных видов применяются различные способы синтеза звука.

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, сэмплерный синтез, сэмпл, нотно-текстовые редакторы, MIDI-аранжировщики, звуковые программы-редакторы, программы-секвенсары, виртуальные студии.

3. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Тематика лабораторных работ

Тема 3. Элементарная теория музыки.

Лабораторная работа 1. Основы нотной грамоты.

Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов.

Лабораторная работа 2. Создание шаблона документа и ввод нотного текста в нотном редакторе Sibelius.

Лабораторная работа 3 (4 часа). Средства композиции и аранжировки в нотном редакторе Sibelius. Способы сохранения.

Тема 7. Создание музыкальных композиций с помощью MIDI-аранжировщика.

Лабораторная работа 4. Настройка и панель инструментов в программе Band-in-a-box. Ввод аккордов. Создание партии мелодиста. Сохранение файла.

Тема 8 Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи.

Лабораторная работа 5. Создание нового проекта в программе Cubase.

Лабораторная работа 6. Микширование и сведение трека в Cubase.

Лабораторная работа 7. Создание составного проекта, применение лупов в виртуальной студии Cubase.

Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.

Лабораторная работа 8. Сведение аудио-файлов в программе Sound Forg.

Лабораторная работа 9. Работа в многодорожечном режиме и применение эффектов в Adobe Audition.

3.2 Описание лабораторных работ

Тема 3. Элементарная теория музыки

Лабораторная работа 1. Основы нотной грамоты.

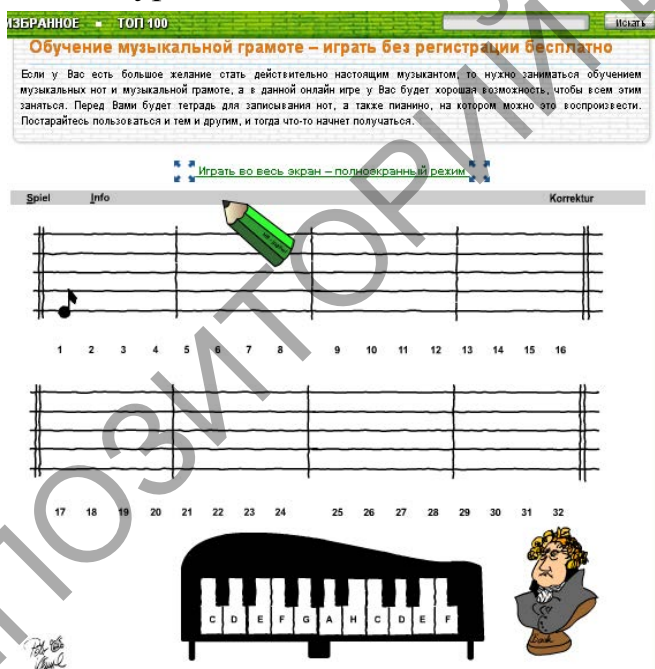
Цель. Приобрести основные знания по элементарной теории музыки и освоить основы нотной грамоты. Научиться вводить нотный текст с помощью виртуальной клавиатуры. Попробовать различить звуки различных инструментов. Повторить мелодические фразы по слуху.

Задание 1. Построение звукоряда.

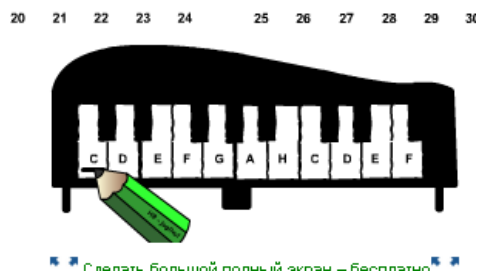
Методические рекомендации по выполнению

1. Запустите браузер и перейдите по ссылке: <http://igrobank.com/obuchenie-muzykal-nojj-gramote> (интернет портал «Обучение музыкальной грамоте»)

2. На загруженной странице будет отображаться нотный стан и виртуальная клавиатура.



3. Используя карандаш, наберите по очереди все ноты на клавиатуре.

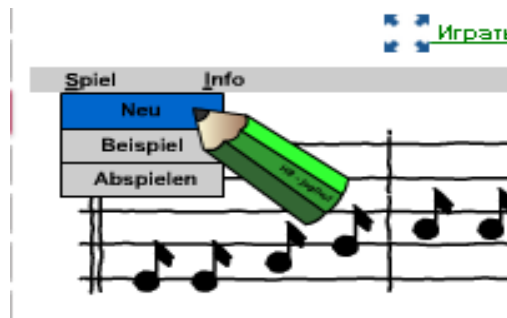


4. Прослушайте результат.

Задание 2. Ввод нотного текста с использованием виртуальной клавиатуры

Методические рекомендации по выполнению

1. Очистите рабочую область (Spiel-Nue)/



2. Наберите следующую мелодию, используя виртуальную клавиатуру:

C-A-A-G-A-F-C-C-C-A-A-H-G-C(2)-C(2)-D-D-H-H-A-G-F-F-A-A-G-A-F

3. Прослушайте результат.

4. Повторите это задание для следующих мелодий:

a. G-A-H-H-A-H-A-G-F-E-F-G-G-E-F-E-F-G-F-G-G-A-G-E-D-E-D-G-A-H-A-H-E-F-G-G

b. A-H-A-F-G-G-G-A-G-E-F-F-E-F-G-H-A-A-G-F-E-A-D-D-D(2)-D(2)-E-A-A-F-G-F-E-A-F-D(2)-D(2)-E-A-A-F-G-F-E-A-F

Задание 3. Ввод нотного текста.

Методические рекомендации по выполнению

1. Очистите рабочую область.
2. Используя карандаш, наберите следующий нотный текст на нотном стане.

3. Прослушайте результат.
4. Повторите задание для следующей мелодии.

Задание 4. Ввод нотного текста по памяти.

Методические рекомендации по выполнению

1. Очистите рабочую область.
2. Выберите в меню «Проиграть мелодию» (Spiel-Beispiel)

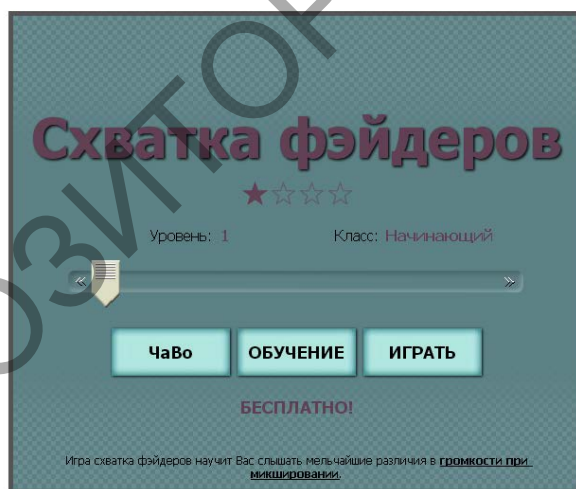


3. Прослушайте мелодию.
4. Попробуйте повторить услышанную мелодию.

Задание 4. Определить звучание инструментов.

Методические рекомендации по выполнению

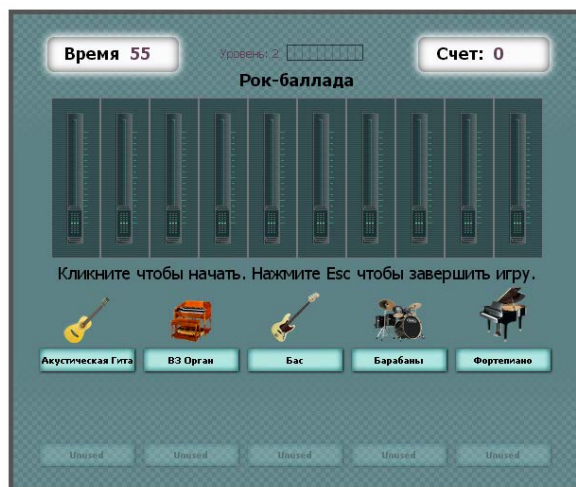
1. Откройте в браузере игру «Схватка фэйдеров» (фэйдеров)
(<https://trainer.thetamusic.com/ru/content/channel-match>)



2. Выберите кнопку «Обучение» и пройдите его.
3. Выберите кнопку «Играть».
4. На первом уровне игры необходимо определить звучание трёх инструментов (бас, гитара, барабаны).



5. На втором уровне игры определите звучание пяти инструментов (акустическая гитара, орган, бас, фортепиано, барабаны).



Задание 5. Повторите музыкальную фразу.

Методические рекомендации по выполнению

1. Откройте в браузере игру «Фразы попугаев» (<https://trainer.thetamusic.com/ru/content/parrot-phrase>).



2. Пройдите несколько уровней игры.

Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов

Лабораторная работа 2. 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

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

4. 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).

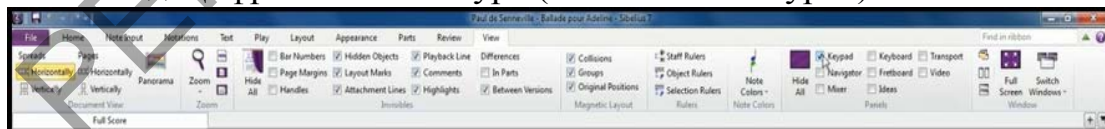
5. Сохраните документ в папке по адресу: **D:\№группы\ФИО студента\lab** под именем **lab2_1.sib**, нажав на кнопку «сохранить». По умолчанию программа предложит имя файла, который ввели в поле «заголовок».



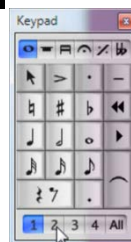
Задание 2. Ввод нотного текста с использованием виртуальной и цифровой клавиатур

Методические рекомендации по выполнению

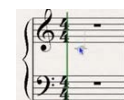
1. Откройте плавающее окно «цифровой клавиатуры» (Keypad). Меню-Вид-Цифровая клавиатура (Menu-View-Keypad).



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



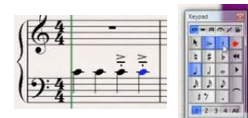
3. Для ввода нот необходимо выбрать мышью нужную длительность, которая окрасится соответствующим цветом. После навести курсор мыши на нотный стан, где ноты будут



окрашены в серый цвет, нажав левую клавишу 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. Выделите нужный 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 стана (левой руки).

13. Сохраните файл.

Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов

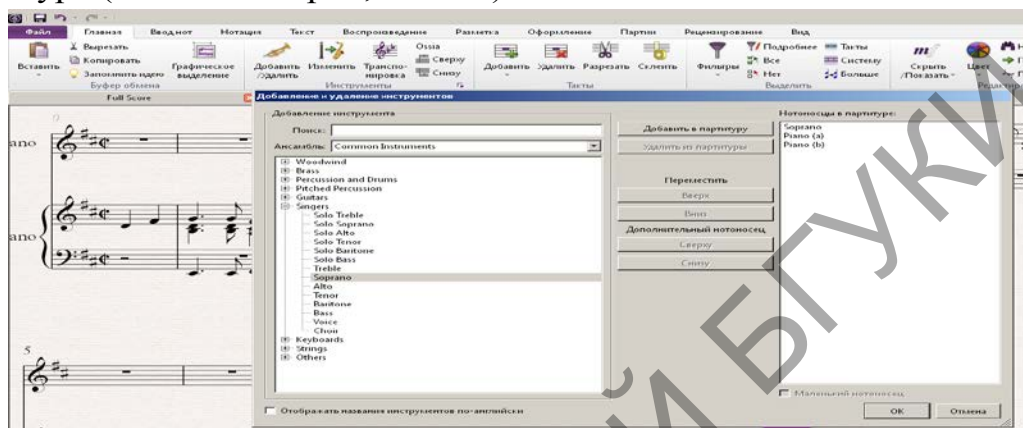
Лабораторная работа 3 (4 часа). Средства композиции и аранжировки в нотном редакторе Sibelius. Способы сохранения.

Цель. Определить назначение инструментов вкладок главная и ввод нот. Научиться добавлять новые инструменты в партитуру. Изучить средства композиции и аранжировки. Научиться применять фильтры (Презентация «Аранжировка и средства композиции»). Рассмотреть возможности автоматической вставки партии ударно

Задание 1. Добавить в партитуру новые инструменты.

Методические рекомендации по выполнению

1. Запустите программу Sibelius.
2. Откройте сохраненный файл lab2_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»).

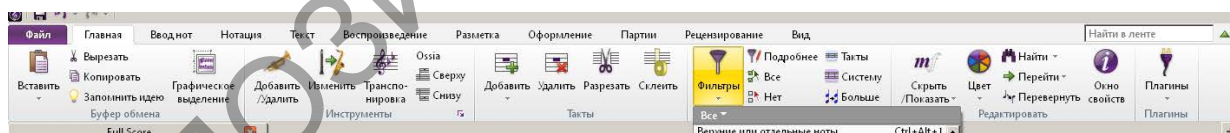


4. В партитуру необходимо вставить вокальную партию и партию для сольного инструмента (например скрипка).

Задание 2. Применить фильтры.

Методические рекомендации по выполнению

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

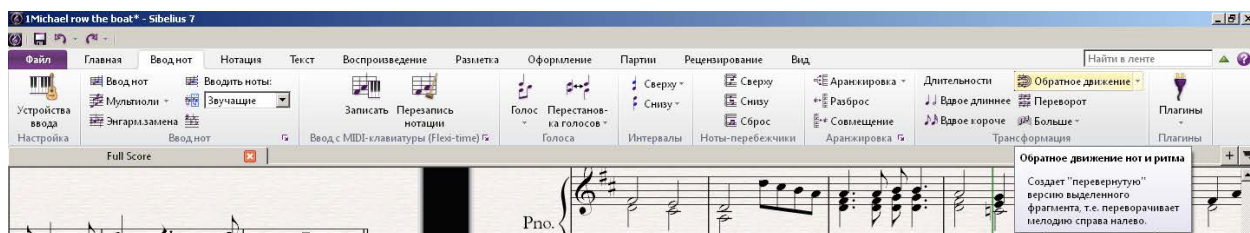


2. Скопировать выделенный фрагмент и вставить на новый нотоносец.
3. К новому нотоносцу применить фильтр для выделения пауз или других элементов и удалить их.

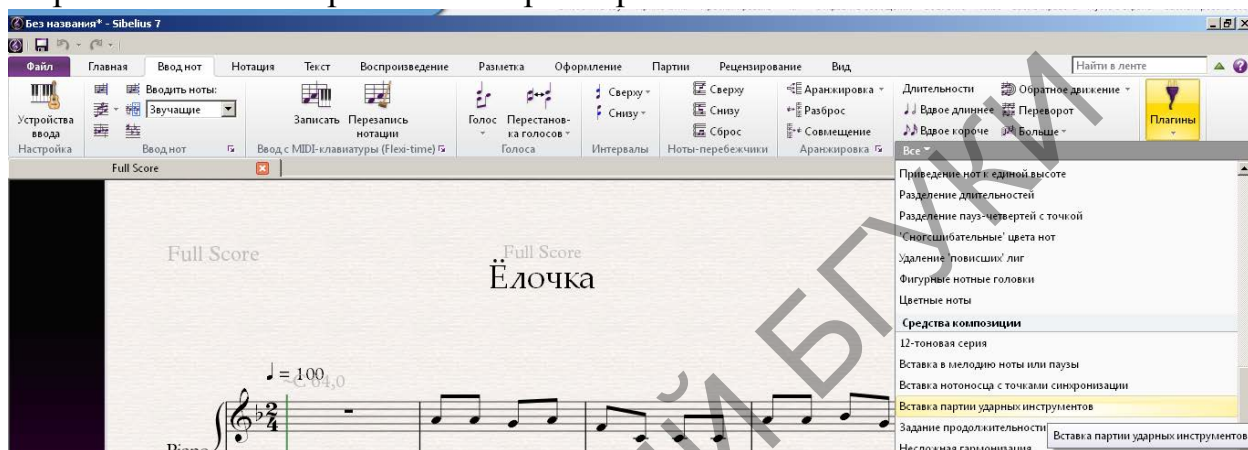
Задание 3. Изучить средства композиции и аранжировки.

Методические рекомендации по выполнению

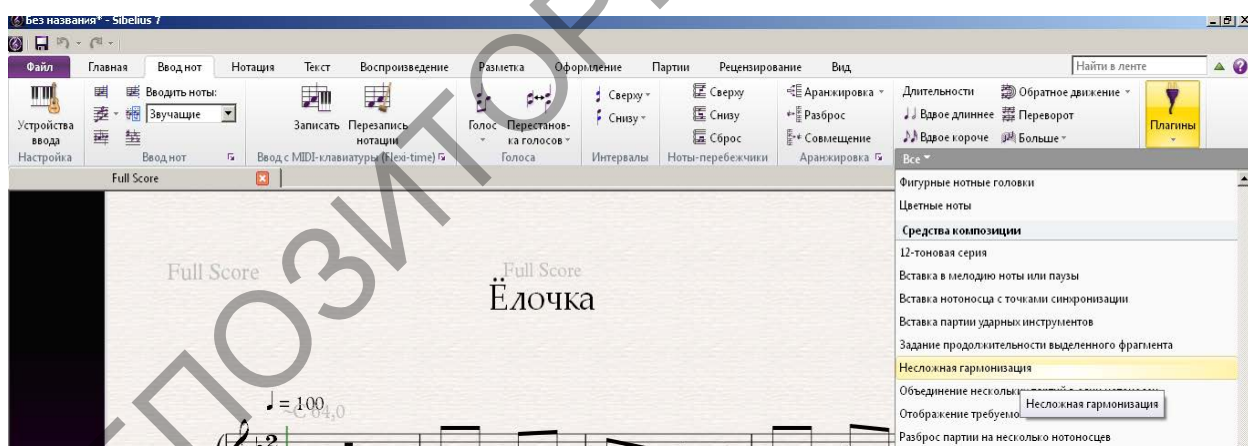
1. Выделить вставленный фрагмент на новом нотоносце и применить варианты трансформации.



2. Выделить следующий фрагмент из набранного текста и вставить на новый нотоносец. Применить аранжировку.
3. В диалоговом окне выбрать стиль аранжировки, соответствующего нотоносца (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.



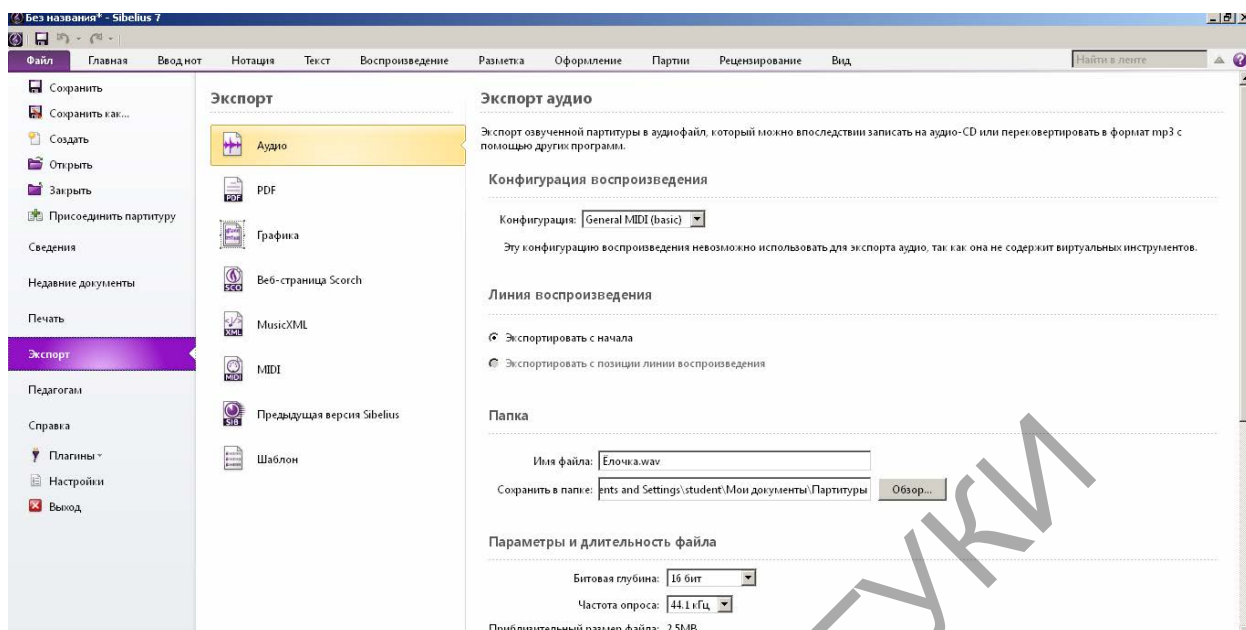
6. Применить плагин для автоматического создания несложной гармонизации. Настроить параметры по своему усмотрению.



Задание 4. Сохранение и экспорт файла.

Методические рекомендации по выполнению

1. Сохранить файл в своей папке по адресу: **D:\Группы\ФИО студента\lab** в формате программы – lab3.sib.
2. Выберите из меню Файл – Экспорт:



3. Сделать экспорт файла в папку в формате midi – lab3.mid.
4. Сделать экспорт файла в папку в формате pdf – lab3.pdf

Тема 7. Создание музыкальных композиций с помощью MIDI-аранжировщика

Лабораторная работа 4. Настройка и панель инструментов в программе Vand-in-a-box. Ввод аккордов. Создание партии мелодиста. Сохранение файла

Цель. Ознакомиться с панелью инструментов программы Vand-in-a-box. Рассмотреть установки для нового проекта. Рассмотреть способы ввода аккордов. Рассмотреть возможности ввода партии мелодиста.

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

Методические рекомендации по выполнению

1. Откройте программу Vand-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 своей папке по адресу: **D/№группы/ФИО студента/lab** в формате программы – lab4.

Задание 4. Ознакомьтесь 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.

Задание 2. Рассмотреть способы записи мелодии.

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 своей папке по адресу: **D:\Группы\ФИО студента\lab** в формате программы – lab4_1.

Тема 8 Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи

Лабораторная работа 5. 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.

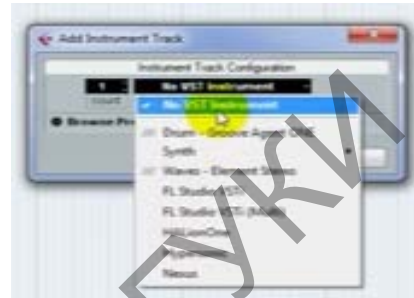
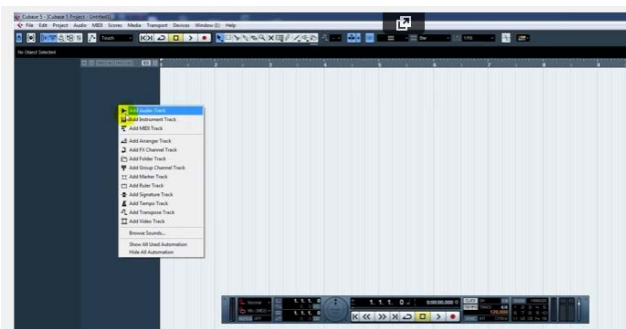
5. Сохранить файл в своей папке по адресу: **D:\Группы\ФИО студента\lab** в формате программы – lab_5.cpr



Задание 2. Импорт файла и добавление новой дорожки.

Методические рекомендации по выполнению

1. Выполнить команду импорт файла lab3.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

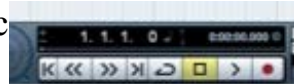


2. Поменять раскладку на английский язык.

3. Установить темп – 100 и включить метроном.

4. Нажать кнопку запись

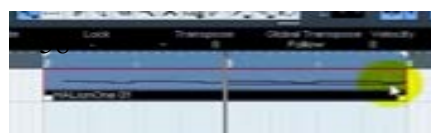
5. Записать мелодию.



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_5_2.cpr.



Тема 8 Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи

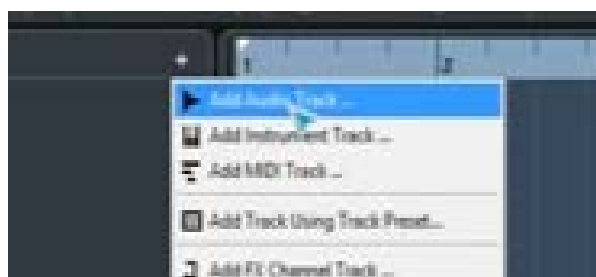
Лабораторная работа 6. Микширование и сведение трека в Cubase

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_5.cpr.
 3. Подключить микрофон.
 4. Создать аудио трек.
 5. Нажать кнопку записи.
- Записать аудио-файл.



6. С помощью мыши установить созданный звуковой трек в нужное место в вашем проекте.

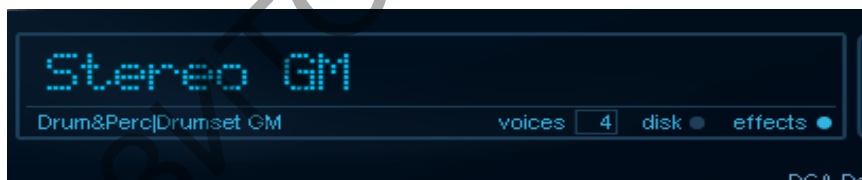
Задание 2. Сделать микширование и сведение трека. Научиться добавлять эффекты звучания.

Методические рекомендации по выполнению

1. Импортировать любой файл формата «mid»
2. Установить локаторы.
3. Выбрать нужную дорожку трека.
4. Вызвать синтезатор трека.
5. Изменить установленные настройки звучание синтезатора.

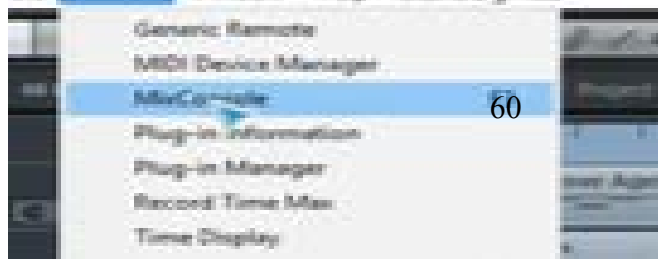


6. В окне синтезатора выбрать кнопку эффектов. Подобрать необходимый эффект.



7. По необходимости выполнить пункты 3,4,5 и для остальных треков.
8. Изменить настройки канала звучания любого трека.

9. Открыть окно



микшера (микшерный пульт) Devices-MixConsole (F3).

10. Включите воспроизведение.

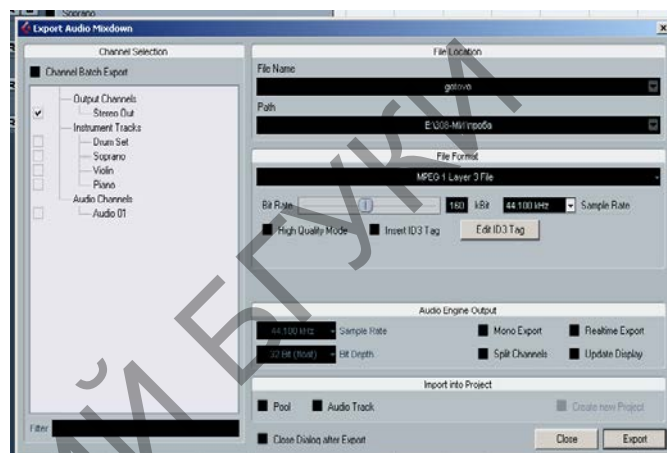
11. Отрегулируйте уровень громкости для каждого трека.

Задание 3. Сохранение и экспорт файла.

Методические рекомендации по выполнению

1. Сохраните проект в своей папке под именем lab_6.cpr.

2. Выполните экспорт файла.



3. Поставьте флажок Stereo Out. Укажите имя файла, путь сохранения и формат (lab_6, папка lab, MPEG 1 Layer 3 File). Нажмите Export.

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

Тема 8 Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи

Лабораторная работа 7. Создание составного проекта, применение лунов в виртуальной студии Cubase

Цель. Сделать сведение трека на основе разных звуковых форматов. Научиться добавлять луны.

Задание 1. Подготовка к созданию проекта.

Методические рекомендации по выполнению

1. Сделать импорт 3-х треков в формате «mid» из папки «mus».

2. Установить локаторы.

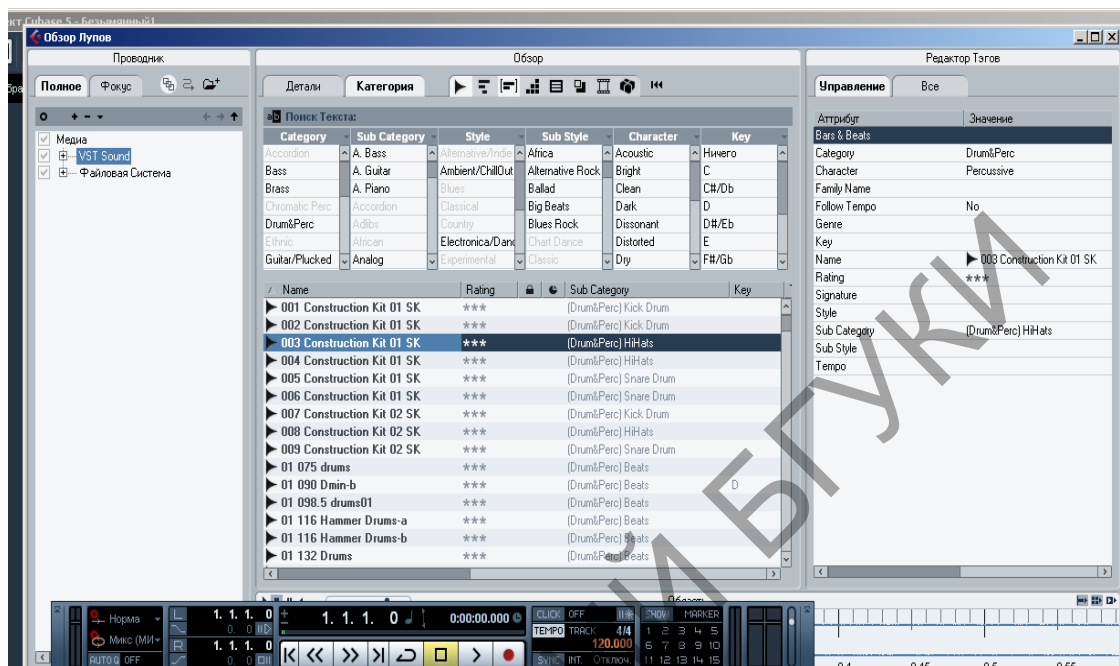
3. Разместить загруженные файлы в линейной последовательности.

4. По желанию настроить/ изменить звучание инструментов.

Задание 2. Добавление лупов.

Методические рекомендации по выполнению

1. В меню выбрать **Медия – Открыть обзор лупов (F6)**.
2. Выбрать *категорию, инструмент, стиль* и т.д.



3. Прослушать записанные лупы.
4. Двойной щелчок левой клавишей мыши добавит выбранный луп в окно проекта.
5. Продублировать выбранные лупы.
6. Используя инструмент «клей», соединить скопированные фрагменты.



Задание 3. Добавление аудиотрека.

Методические рекомендации по выполнению

1. Сделать импорт аудио-трека из папки «mus».
2. Настроить звучание, добавить эффекты к аудио-треку.
3. Сохранить созданный проект в свою папку по именем lab_7.cpr.

Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в

аудиоредакторах.

Лабораторная работа 8. Сведение аудио-файлов в программе Sound Forg

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 Forg.
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. Реверберация: 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_8.





Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.

Лабораторная работа 9. 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.

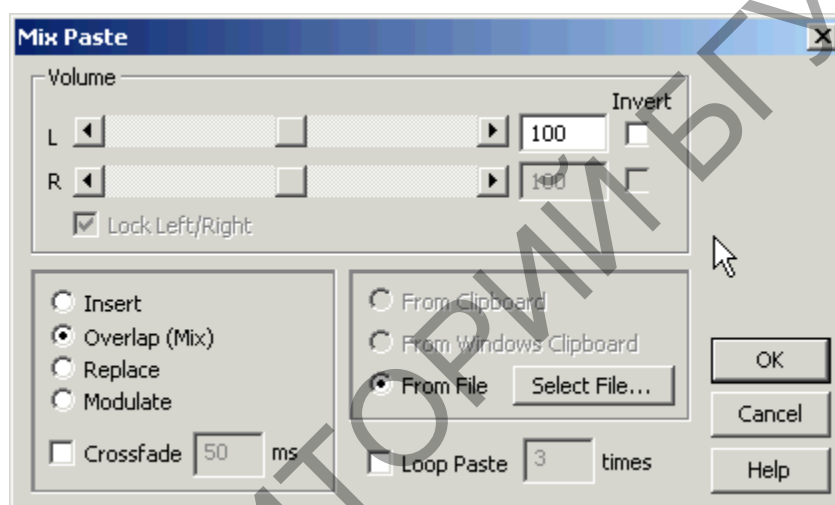
е. Команда **Adjust Right Side to Right** сдвинет правую границу выделенного фрагмента к ближайшей справа нулевой точке.

3. Прodelайте 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.

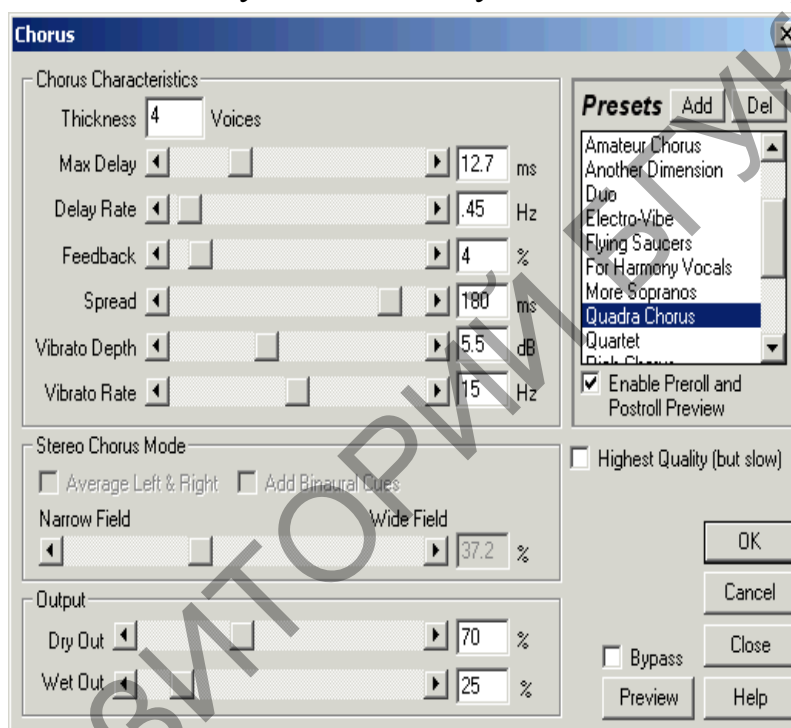
➤ From File – файл.

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.

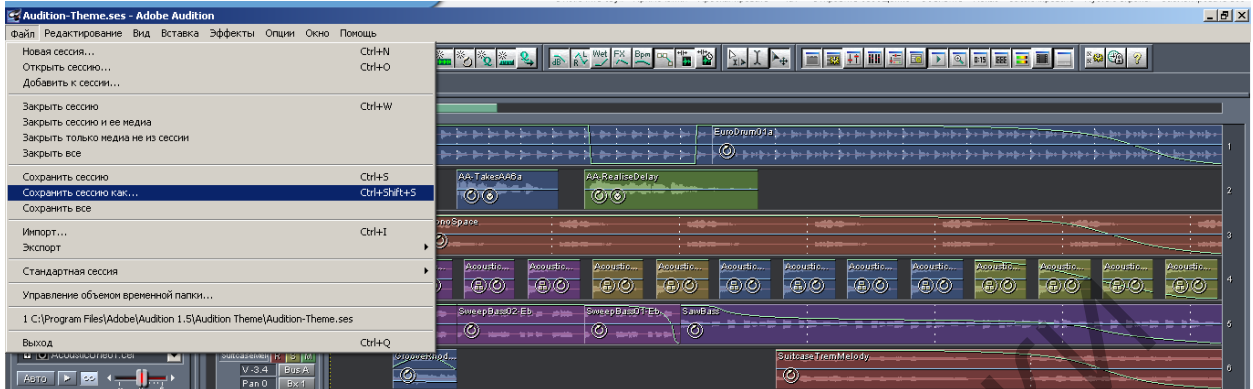
4. Ознакомьтесь с настройками данного эффекта.

5. Прделайте такую же работу по знакомству со следующими эффектами: Flanger (флэнжер) и Phaser (фэйзер); Reverb (Реверберация), Sweeping Phaser Effects (перестраиваемый фазовращатель).

Задание 5. Сохранение и экспорт.

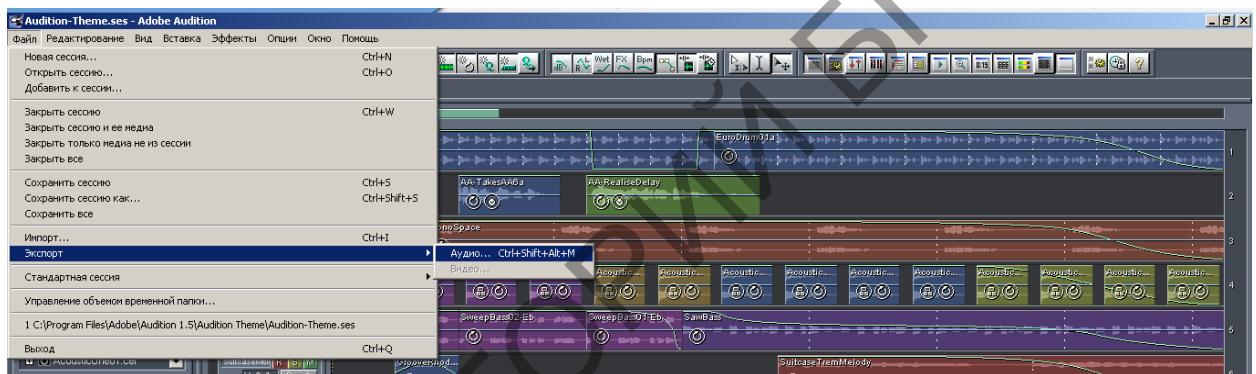
Методические рекомендации по выполнению

1. Выполните команду Файл – Сохранить сессию как.



2. Сохраните в свою папку под именем lab_9.ses.

3. Выполните команду Файл – Экспорт - Аудио.



4. Экспортируйте проект в свою папку под именем lab_9.wav.

4. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

4.1 Перечень требований к зачету

Дисциплина изучается в течение одного семестра и предусматривает самостоятельную работу студентов. Для допуска к зачету студент должен выполнить следующие требования:

1. посещение лекционных занятий;
2. выполнение лабораторных работ;
3. выполнение заданий для контролируемой самостоятельной работы.

Форма проведения зачета – устный опрос.

4.2 Критерии оценки результатов учебной деятельности студентов

В целях подготовки к текущей/промежуточной аттестации, студенту следует просмотреть все имеющиеся и рекомендуемые материалы, представленные в печатном или электронном виде. Промежуточная аттестация проводится с целью оценки качества усвоения студентами всего объема содержания дисциплины и определения фактически достигнутых знаний, навыков и умений, а также компетенций, сформированных за время аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

Критерии оценивания ответов студентов

Оценка «отлично» (10-8 баллов) / «зачтено». Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания в изучаемой области. Студент демонстрирует владение понятийным аппаратом и научным языком по предмету, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой; активная самостоятельная работа на лабораторных (практических) занятиях, высокий уровень культуры исполнения заданий, грамотное оформление учебной документации.

Оценка «хорошо» / «зачтено» (7-5 баллов). Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Студент демонстрирует активную самостоятельную работу на практических, лабораторных занятиях, высокий уровень культуры исполнения заданий и

оформления учебной документации, периодически участвует в групповых обсуждениях.

Оценка «удовлетворительно» (4 балла) / «зачтено». Допускаются нарушения в последовательности изложения. Имеются упоминания об отдельных базовых нормативно-правовых актах. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Студент демонстрирует достаточный объем знаний по предмету в рамках образовательного стандарта.

Оценка «неудовлетворительно» (3-1 баллов) / «не зачтено». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. На лабораторных (практических) занятиях студент был пассивен, демонстрировал низкий уровень культуры исполнения заданий и их оформления, отсутствие знаний по предмету в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

4.3 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.

Вопросы и творческие задания

Задание 1. Написать тест по теме: «Элементарная теория музыки».

Задание 2. Подготовить реферат и презентацию по одному вопросу по теме «Тема 5. Аппаратно программные средства обработки звука»:

1. Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований. MIDI-технологии.
2. Понятие программируемой музыки.
3. Цифровые сэмплерные синтезаторы.
4. Секвенсары. Виртуальные музыкальные инструменты.
5. Обзор программных средств: нотно-текстовые редакторы (Encore, Sibelius, Finale),
6. Обзор программных средств: MIDI-аранжировщики (Band-in-a-Box, Cakewalk Sonar, Ableton Live, Avid Pro Tools),
7. Обзор программных средств: звуковые программы-редакторы (Adobe Audition, WaveLab, REAPER, Sound Forge Pro, Virtual DJ),

8. Обзор программных средств: программы-секвенсары (Csound, Mackie Tracktion, Cakewalk Sonar),
9. Обзор программных средств: виртуальные студии (Cubase, MAGIX Music Maker 2015, Mixcraft, FL Studio)

Задание 3. Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов

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 «Видео-уроки Sibelius». Сохраните файл в формате программы и сделайте экспорт в midi-формат. Форма отчета – электронная версия (файл).

Задание 4. Тема 8. Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи

Возьмите midi-файл из задания 2 и сделайте микширование и сведение трека на основе лабораторной работы 6, 7. Экспортируйте файл в разных форматах. Форма отчета – электронная версия (файл).

Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.

Задание 5. Создайте аудио-трек в любой программе на основе лабораторной работы 8, 9. Экспортируйте файл в разных форматах. Форма отчета – электронная версия (файл).

4.4 Контрольные вопросы по темам

Тема 1. Введение. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Цифровая обработка музыкального звука

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. Цифровая обработка сигналов.
8. Непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука.
9. Процесс дискретизации (построение выборки) и процесс квантования аналогового звука.

Тема 2. История нотации

1. Причины возникновения нотной записи.
2. Слоговая запись музыкальных звуков с помощью клинописи.
3. Нёвменная нотация. Русское крюковое (знаменное) письмо.
4. Буквенное обозначение звуков.
5. Нотное письмо в период XIII—XVI вв.
6. Записи нот на нотной строке. Буквенные обозначения высоты.
7. Двукратное деление в XVI в.
8. Система письма — табулатуры.
9. Изменения нотного письма в XVIII в.
10. Современное состояние нотной записи.

Тема 3. Элементарная теория музыки

1. Нотный стан, ключевые знаки. Определение основных ключей.
2. Мажорный, минорный лад.
3. Построение интервалов. Чистые, увеличенные и уменьшенные интервалы. Построение аккордов.
4. Определение длительности нот. Ритмические схемы.
5. Определение ритма. Определение темпа.
6. Паузы и динамические оттенки.
7. Мелодия и аккомпанимент.
8. Диапазон и особенности звучания инструментов. Транспозиция.

Тема 4. История развития технических средств звуковых систем

1. Математические методы как основа моделирования параметров музыкальной композиции.
2. Первые электроакустические музыкальные инструменты. История создания и классификация.
3. Основные методы синтеза звука: аддитивная, синтез на основе волновых таблиц, сэмплирование.
4. Использование методов синтеза музыкального звука.
5. Музыкальные синтезаторы и их использование.
6. Устройства ввода и вывода музыкальной информации.
7. Акустические системы: назначение и основные функции, классификации и принципы действия, использование.
8. Задачи, архитектура, общие сведения о современной цифровой студии звукозаписи.

Тема 5. Тема 5. Аппаратно программные средства обработки звука

1. Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований. MIDI-технологии.
2. Понятие программируемой музыки.
3. Цифровые сэмплерные синтезаторы.
4. Секвенсары. Виртуальные музыкальные инструменты.
5. Обзор программных средств обработки звука.

4.5 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. Элементарная теория музыки: основные элементы музыкальной грамоты, мелодия и аккомпонимент, диапазон и особенности звучания инструментов.
8. История нотации.
9. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики.
10. Цифровая обработка музыкального звука
11. Цифровое моделирование музыкального звука. Дискретизация и квантование. Теорема Котельникова.
12. Устройства ввода и вывода музыкальной информации.
13. Технические и аппаратные средства компьютерных технологий в музыке.
14. Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований. Midi-технологии.
15. Особенности программных средств: нотно-текстовые редакторы (Encore, Sibelius, Finale).

16. Особенности программных средств: MIDI-аранжировщики (Band-in-a-Box, Cakewalk Sonar, Ableton Live, Avid Pro Tools),
17. Особенности программных средств: звуковые программы-редакторы (Adobe Audition, WaveLab, REAPER, Sound Forge Pro, Virtual DJ).
18. Особенности программных средств: программы-секвенсары (Csound, Mackie Traktion, Cakewalk Sonar).
19. Особенности программных средств: виртуальные студии (Cubase, MAGIX Music Maker 2015, Mixcraft, FL Studio).
20. Способы ввода и редактирования нотной и текстовой информации в Sibelius.
21. Редактирование и изменение партитур в окне микширования в программе Sibelius. Изменение состава ансамбля инструментов в партитурах. Возможности аранжировки.
22. Создание трека, обработка звуковой дорожки, шумоподавление и наложение эффектов в программе Sound Forge. Способы сохранения.
23. Adobe Audition: интерфейс, характеристики специальных возможностей.
24. Использование эффектов. Сведение аудиофайлов в программе Adobe Audition.
25. Применение стилей и способы ввода в программе Band-in-a-Box.
26. Гармонизация мелодии и генерирование композиции в автоматическом режиме Band-in-a-Box.
27. Общие настройки и навигация в цифровой звуковой рабочей станции Cubase. Импорт файлов.
28. Способы ввода и записи звуковых дорожек. Применение эффектов. Сохранение и экспорт трека в программе Cubase.

5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

5.1 Учебная программа

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-21 04 01-2013 по специальности 1-21 04 01 Культурология (по направлениям) и учебного плана по специализации 1-21 04 01-02 04 Информационные системы в культуре, рег. №Д-21-1-71/17 уч. от 04.07.2017

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Г. Буравкин, ведущий научный сотрудник отдела совместных программ космических и информационных технологий государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», кандидат технических наук, доцент

С.А. Руткевич, доцент кафедры духовой музыки учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств», кандидат искусствоведения, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой информационных технологий в культуре учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств» (протокол № 1 от 04.09.2018)

президиумом научно-методического совета учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств» (протокол № 2 от 19.12.2018)

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 информационного 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, физики, кибернетики, акустики, теории сигналов. При этом учитывается уровень музыкальной и теоретико-математической подготовки студентов, а также разный уровень владения музыкальной грамотой.

Целью учебной 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.

Целевая направленность дисциплины обуславливает решение следующие *задач*:

- 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;

- развитие умения и навыков работы со специальными музыкальными программными средствами;
- изучение особенных возможностей и характеристик компьютерных музыкальных программ.

В результате изучения дисциплины студенты должны *знать*:

- цели и задачи использования современных музыкально-компьютерных технологий;
- историю развития нотации;
- основы музыкальной акустики;
- цифровую обработку музыкального звука;
- историю и предпосылки возникновения компьютерных технологий в музыке;
- технические средства звуковых систем и их параметры;
- основные форматы музыкальных моделей;
- методы обработки звуковых сигналов;
- возможности MIDI технологий;
- типологизацию музыкальных компьютерных программ;
- особенности работы и функциональные возможности музыкальных программных средств;
- особенности работы в виртуальных студий звукозаписи;
- методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм.

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны *уметь*:

- набирать и редактировать нотный материал в специальных программах;
- работать со звуком и графикой в нотных редакторах;
- создавать музыкальные треки с помощью MIDI-аранжировщика;
- создавать музыкальные композиции в виртуальных студиях звукозаписи;
- использовать компьютерный монтаж для обработки фонограмм.

После изучения учебной дисциплины студенты должны *владеть*:

- основными навыками работы с музыкальными файлами на персональном компьютере;
- элементами проведения анализа и оценки обрабатываемого музыкального материала;
- навыками набора и редактирования музыкального текста в нотных редакторах;
- инструментарием виртуальных студий звукозаписи для создания музыкальных композиций;
- методами компьютерного монтажа в аудиоредакторах;
- основными навыками для работы в MIDI-аранжировщиках.

Усвоение данной учебной программы должно обеспечивать формирование следующих групп компетенций.

Академические компетенции, которые включают знания и умения по изучаемой дисциплине:

- 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 породить 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.

Социально-личностные компетенции, которые включают культурно-ценностные ориентации, знание идеологических, моральных ценностей общества и государства и умение управлять ими:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;
- СЛК-6. Уметь работать в команде;
- СЛК-8. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общий уровень, добиваться морального и физического совершенствования своей личности;
- СЛК-9. Формировать и аргументировать собственные суждения и профессиональную позицию.

Профессиональные компетенции, которые включают способность решать задачи, разрабатывать планы и обеспечивать их решение в выбранной сфере профессиональной деятельности:

- ПК-4. Оценивать состояние, тенденции и перспективы развития культуры и искусства;
- ПК-5. Прогнозировать, планировать и организовать инновационно-методическую и художественно-творческую деятельность в сфере культуры и искусств.
- ПК-7. Заниматься научно-исследовательской деятельностью в культурологии.
- ПК-8. Анализировать и оценивать собранную информацию;

- ПК-9. Организовывать свою работу на научной основе, владеть компьютерными методами сбора, сохранения и обработки информации в сфере профессиональной деятельности;
- 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 дисциплины являются лекции, лабораторные работы и самостоятельное изучение отдельных вопросов. Учебным планом на изучение учебной дисциплины «Музыкальная информатика» всего предусмотрено 62 часа, из них 36 часов – аудиторные занятия. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 10 часов, лабораторные – 26 часов.

Рекомендованная форма контроля – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики.

Цифровая обработка музыкального звука

Теоретические основы обработки звуковых сигналов. Физические основы формирования, передачи, обработки и восприятия аудиосигналов. Основные технические характеристики и свойства. Физические характеристики звукового поля. Единицы измерения. Музыкальный звук с точки зрения физики звуковой волны.

Звук как неразрывный акустический сигнал. Тембр и спектр звука. Обертоны. Субъективное восприятие звука. Основные субъективные свойства музыкального звука. Основные сведения об акустике. Понятие музыкальной акустики. Современные средства в музыкальной акустике.

Основы теории цифрового звука. Непрерывность аналогового и дискретность цифрового звука. Процесс дискретизации (построение выборки) и процесс квантования аналогового звука.

Тема 2. История нотации

Причины возникновения нотной записи. Запись рисунками. Слоговая запись музыкальных звуков с помощью клинописи. Буквенное обозначение звуков. Нёвменная нотация. Русское крюковое (знаменное) письмо. Записи нот на нотной строке. Буквенные обозначения высоты. Нотное письмо в период XIII—XVI вв. Двукратное деление в XVI в. Система письма — табулатуры. Изменения нотного письма в XVIII в. Современное состояние нотной записи.

Тема 3. Элементарная теория музыки

Элементы нотной грамоты. Нотный стан, ключевые знаки. Определение основных ключей. Определение длительности нот. Мажорный, минорный лад. Построение интервалов. Чистые, увеличенные и уменьшенные интервалы. Построение аккордов. Ритмические схемы. Определение ритма. Определение темпа. Паузы и динамические оттенки. Мелодия и аккомпонимент. Диапазон и особенности звучания инструментов. Транспозиция.

Тема 4. История развития технических средств звуковых систем

Цели информационного (компьютерного) моделирования в культуре, в том числе в музыке. Математические методы как основа моделирования параметров музыкальной композиции. Первые электроакустические музыкальные инструменты: виды, принципы формирования и обработки

музыкального звука, особенности использования. История создания и классификация электронных музыкальных инструментов.

Понятие об электронном синтезе звукового сигнала как процессе формирования сложного электрического сигнала на основе гармоничных сигналов различных частот, амплитуд и фаз. Основные методы синтеза звука: аддитивный метод, синтез на основе волновых таблиц, сэмплирование. Использование методов синтеза музыкального звука. Музыкальные синтезаторы и их использование.

Устройства ввода и вывода информации. Микрофоны. MIDI-клавиатуры. Звуковые карты. Усилители, звуковые колонки, наушники и др. Акустические системы: назначение и основные функции, классификации и принципы действия, использование. Задачи, архитектура, общие сведения о современной цифровой студии звукозаписи.

Тема 5. Аппаратно программные средства обработки звука

Форматы музыкальных моделей, их назначение, методы преобразований. MIDI-технологии. Понятие программируемой музыки. Цифровые сэмплерные синтезаторы. Секвенсары. Виртуальные музыкальные инструменты.

Обзор программных средств: нотно-текстовые редакторы (Encore, Sibelius, Finale), MIDI-аранжировщики (Band-in-a-Box, Cakewalk Sonar, Ableton Live, Avid Pro Tools), звуковые программы-редакторы (Adobe Audition, WaveLab, REAPER, Sound Forge Pro, Virtual DJ), программы-секвенсары (Csound, Mackie Tracktion, Cakewalk Sonar), виртуальные студии (Cubase, MAGIX Music Maker 2015, Mixcraft, FL Studio).

Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов

Общие сведения, запуск, форматирование листа партитуры. Работа с тактами. Ввод нотного текста с использованием обычной и MIDI-клавиатур. Нотные атрибуты. Способы редактирования нотного текста и формата листов партитуры.

Компиляция и транспанирование музыкальных частей. Текстовая информация (основные типы и ввод). Основные манипуляции с визуализацией (окна, масштабы). Экспорт и сохранение файлов. Издательские функции. Способы быстрого ввода и редактирования нотных текстов. Восстановление звука. Режимы прослушивания музыки. Средства композиции и аранжировки.

Тема 7. Создание музыкальных композиций с помощью MIDI-аранжировщика

Настройка интерфейса программы. Настройка микшера. Навигация в MIDI-аранжировщике. Выбор стиля композиции. Смешение стилей в одной композиции. Удаление и изменение инструментов в стиле.

Различные способы ввода аккордов. Прерывание ритма – паузы. Смена темпа, тональности. Генерирование композиции в автоматическом режиме. Гармонизация мелодии. Генерирование саундтреков в автоматическом режиме. Добавление в партитуру различных элементов (текст, артикуляция, экспрессия).

Сохранение композиции. Форматы сохранения. Экспорт композиции. Запись аудиодиска.

Тема 8. Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи

Общее знакомство с программой. Основные окна программы, их ключевые функции. Панели и их назначения.

Выбор инструментов. Создание звуковой дорожки. Атрибуты MIDI-трека. Виртуальные синтезаторы. Виртуальные инструменты, их выбор, замена. Выбор пресетов. Виртуальная клавиатура. Атрибуты аудиотрека. Цветовая маркировка аудиодорожек. Ударные инструменты. Барабанная карта.

Обработка звукового материала: общие принципы. Работа с параметрическим и графическим эквалайзерами. Акустическая обработка. Использование ревербераторов. Эффекты задержки звука: «Хорус», «Фленжер», «Делей». Редактирование MIDI-файла. Сведение трека. Сохранение и экспорт.

Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.

Общие сведения, инсталляция, запуск. Нормализация файла, стандартные операции редактирования, управление панорамой и громкостью воспроизведения. Конвертирование каналов. Сжатие, расширение аудиофайлов. Однородорожечный режим. Работа в многодорожечном режиме. Панели инструментов.

Виды звуковых эффектов. Работа с эквалайзером. Использование ревербератора, задержек, хоруса и других эффектов. Использование «разрушающих» эффектов. Изменение высоты тона. Редактирование аудиофайлов. Реставрация фонограмм, шумоподавление. Создание цикла из

волновой формы. Использование параметрического и графического эквалайзеров для изменения качества звука.

Сохранение проекта. Конвертирование файла в различные аудиоформаты. Вставка видеофайлов. Экспорт сессии в видеофайл. Обработка файлов для записи.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

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

Для дневной формы обучения

Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСП	Форма контроля знаний
	Лекции	Лабораторные занятия		
Введение.				
Тема 1. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Цифровая обработка музыкального звука	1			
Тема 2. История нотации	1			
Тема 3. Элементарная теория музыки	2	2	1	тест
Тема 4. История развития технических средств звуковых систем	2			
Тема 5. Аппаратно программные средства обработки звука	2		1	Реферат, презентация
Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов		6	2	проект
Тема 7. Создание музыкальных композиций с помощью MIDI-аранжировщика		2		
Тема 8. Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи		6	2	проект
Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.		4	2	проект
Всего:	8	20	8	

Для заочной формы обучения

Название раздела, темы	Количество аудиторных часов	
	Лекции	Лабораторные занятия
Введение.		
Тема 1. Физические свойства звука, основы музыкальной акустики. Цифровая обработка музыкального звука	1	
Тема 3. Элементарная теория музыки	1	
Тема 4. История развития технических средств звуковых систем	2	
Тема 6. Моделирование музыкальных партитур с помощью нотных редакторов		2
Тема 8. Создание музыкальных композиций в виртуальной студии звукозаписи		2
Тема 9. Методы компьютерного монтажа и обработки фонограмм в аудиоредакторах.		2
Всего:	4	6

* Тема 2. «История нотации», тема 5. «Аппаратно программные средства обработки звука» и тема 7. «Создание музыкальных композиций с помощью MIDI-аранжировщика» остаются на самостоятельное изучение студентов.

5.3 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. Андерсен, А. В. Современные музыкально-компьютерные технологии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 050600 - "Художественное образование" / А. В. Андерсен, Г. П. Овсянкина, Р. Г. Шитикова. - Санкт-Петербург: Планета музыки: Лань, 2013. - 223 с. : табл., рис., фот., схемы, диагр., нот. примеры ; 21x13 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр. внутри гл. - ISBN 978-5-8114-1446-8 (Изд-во "Лань"). - ISBN 978-5-91938-079-5 (Изд-во "ПЛАНЕТА МУЗЫКИ"): 150000-00.
5. Белунцов, В. Звук на компьютере. Трюки и эффекты / В. Белунцов. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2005. - 448 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - (Трюки и эффекты). - ISBN 5-469-00453-8 : 14986.00.
6. Боровская, Н., Живаева, О., Русакова, А., Тимофеев, А. Язык музыки // Энциклопедия для детей. Том 7. Искусство. Ч. 3. Музыка. Э68 Театр. Кино / Глав. ред. В. А. Володин. — М.: Аванта+, 2000.
7. Бризицкий, Т. О современных форматах кодирования аудио [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://websound.ru/articles/technologies/formats.htm/> Дата доступа: 15.07.2016
8. Бураўкін, А.Г. Інфармацыйныя тэхналогіі ў мастацтве / А.Г.Бураўкін. – Мн.: Бел. ун-т культуры, 1999. – 250с. (С. 35-105)
9. Голованов, Д.В. Компьютерная нотная графика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Голованов, А.В. Кунгуров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, Планета музыки, 2017. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99789>. — Загл. с экрана.
10. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке и комплексная модель ее семантического пространства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки, 2014 стр. 152-159
11. Горбунова, И.Б. Информационные технологии в музыке: учебное пособие / И.Б. Горбунова, М.С. Заливадный ; Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. - Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2013. - Т. 4. Музыка, математика, информатика. - 184 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-8064-1875-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428257> (26.04.2019).
12. Живайкин, П.Л. 600 звуковых и музыкальных программ / П.Л. Живайкин. – СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 2000 - 624 с.: ил.

13. Запись и редактирование звука. Музыкальные эффекты / А.П. Загуменов. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2005. – 181с
14. Кабардин, О.Ф. Физика. Справочные материалы. Учебное пособие для учащихся. – 3-е изд. / О.Ф.Кабардин. – М.: «Просвещение», 1991. – 367 с.
15. 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.
16. Королев, А. А. Музыкально-компьютерный словарь / А. Королев. - Санкт-Петербург: Композитор, 2000. - 123 с.; 21x15 см. - ISBN 5-7379-0093-2.
17. Левин А.Ш. Самоучитель компьютерной графики и звука. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2006. - 640 с.
18. Леонтьев, В.П., Прокошев, И.В. Самоучитель. Цифровое фото, музыка и звук / В.П. Леонтьев, И.В. Прокошев. – М.: «ОЛМА-ПРЕСС», 2005. – 384 с.
19. Меерзон, Б.Я. Основы звукорежиссуры и оборудования студий звукозаписи / Б.Я. Меерзон. – Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им.М.А.Литовчина, 2009. – 260с.
20. Медведев, Е. В. Аранжировка в Cubase, Battery, Ableton Live и Giga Studio / Е. В. Медведев, В. А. Трусова. - Москва: ДМК Пресс, 2009. - 327 с. : ил. ; 16x23 см + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - ISBN 978-5-94074-440-5 : 31279.00.
21. Медведев, Е. В. Виртуальная студия на PC: аранжировка и обработка звука / Е. В. Медведев, В. А. Трусова. - Москва: ДМК Пресс, 2007. - 423 с. : ил. ; 25x15 см + 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). - ISBN 5-94074-371-4: 35346.00.
22. Моделирование музыкального творчества / Противодействие энтропии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etheroneph.com/audiosophia/197-modelirovanie-muzykalnogo-tvorchestva.html> - Дата доступа: 15.07.2018
23. Описание основных аудио форматов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ldsound.ru/opisanie-osnovnyx-audio-formatov/>. – Дата доступа: 15.09.2016
24. 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)
25. Петелин, Роман Юрьевич. Sakewalk Sonar 7 Producer Edition : запись и редактирование музыки / Роман Петелин, Юрий Петелин. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. - 859 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Библиогр.: с. 839-846 (127 назв.). - ISBN 978-5-9775-0233-7: 55440.00.
26. Петелин, Р. Ю. Steinberg Cubase 5. Запись и редактирование музыки/ Р. Ю. Петелин, Ю. В. Петелин. — СПб.: ВХВ-Петербург. 2010. — 896 с.

27. Полозов, С. П. Информационный подход в исследовании музыкального искусства, автореферат / Человек и наука [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cheloveknauka.com/informatsionnyu-podhod-v-issledovanii-muzykalnogo-iskusstva> - Дата доступа: 29.11.2018
28. Пучков, С.В., Светлов. М.Г. Музыкальные компьютерные технологии. Современный инструментарий творчества / С.В. Пучков, М.Г. Светлов. СПб.: СПбГУП, 2005. – 232 с.
29. Рагс, Ю. Н. Акустические знания в системе музыкального образования. Очерки. / Ю.Н. Рагс. – Рязань: Литера М, 2010. – 336 с.
30. Радзишевский, А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука / А.Ю. Радзишевский. – М.: Вильямс, 2006. – 288с.
31. 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.
32. 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=& / Дата доступа: 29.07.2016
33. Способин, И.В. Элементарная теория музыки [Электронный ресурс]: учебник / И.В. Способин ; Е.М. Двоскиной. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, Планета музыки, 2019. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115720>. — Загл. с экрана.
34. 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.
35. 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.
36. Харуто, А. В. Музыкальная информатика. Теоретические основы / А.В. Харуто. – М.: ЛКИ, 2009. – 400 с. (С. 4-10, 120-250)
37. Cubase SX. Ваш первый музыкальный трек / А.А. Лоянич. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2007. – 176 с.

5.4 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., Приттс, Р. Музыкальная акустика / И.А. Алдошина, Р. Приттс. – СПб.: Композитор, 2006. – 720с.
4. Андерсен, А.В. Современные музыкально-компьютерные технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Андерсен, Г.П. Овсянкина, Р.Г. Шитикова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, Планета музыки, 2019. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115937>. — Загл. с экрана.
5. Бризицкий, Т. О современных форматах кодирования аудио [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://websound.ru/articles/technologies/formats.htm/> Дата доступа: 15.12.2018
6. Васенина, С.А. Музыкальная звукорежиссура: моделирование пространства фонограммы : монография / С.А. Васенина ; Министерство культуры Российской Федерации, Нижегородская государственная консерватория им. М. И. Глинки, Кафедра музыкальной звукорежиссуры. - Нижний Новгород: Издательство Нижегородской консерватории, 2016. - 112 с.: ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9905582-8-1
7. Виртуальные студии. Создание музыки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.incunabula.ru/blogs/makemusic/instrumentarij/virtualnie-studii/> Дата доступа: 20.02.2019
8. Гарриус Скотт, Р. Sound Forge. Музыкальные композиции и эффекты. Пер. с англ. / Р. Гарриус Скотт. – СПб.: БХВ – Петербург; 2002. – 384 с.; ил.
9. 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.
10. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерная музыка. Т. 1: Компьютерное музыкальное творчество : учеб. пособие. СПб., 2013. 190 с.
11. Живайкин, П. 600 звуковых и музыкальных программ / П. Живайкин. - СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 2000 - 624 с.
12. 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
13. Зайцев, В.Ф. Математические модели в точных и гуманитарных науках / В.Ф. Зайцев. – СПб.: ООО "Книжный дом", 2006. – 112с.

14. Левин, В.И. История информационных технологий / В.И. Левин. – Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. – 336с.
15. Леонтьев, В.П. Новейшая энциклопедия. Компьютер и Интернет 2013 / В.П. Леонтьев. – М.: ОЛМА-Медиа Групп, 2012. – 960с.
16. Леонтьев, В. Обработка музыки и звука на компьютере / В.Леонтьев. -Изд-во: ОЛМА-ПРЕСС, 2005. - 192с.
17. Меерзон, Б.Я. Акустические основы звукорежиссуры / Б.Я. Меерзон.- Аспект Пресс, 2004. - 205 с.
18. Меерзон, Б.Я. Основы звукорежиссуры и оборудования студий звукозаписи / Б.Я. Меерзон. – Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им.М.А.Литовчина, 2009. – 260с.
19. Москатова, Г. Г. Пособие «Тесты по музыкальной грамоте и сольфеджио» / Социальная сеть работников образования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/muzyka/library/2014/01/24/posobie-testy-po-muzykalnoy-gramote-i-solfedzhio> Дата доступа: 24.02.2019
20. Наумова С.Б., Медведев Ю.А. Работа в нотном редакторе Finale 2002. Методические рекомендации. – Владимир: ВГПУ, 2007. – 40 с.
21. Радзишевский, А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука / А.Ю. Радзишевский. – М.: "И.Д. Вильямс", 2006. – 288с.
22. Современное музыкальное образование – 2013: Материалы международной научно-практической конференции / науч. ред. И.Б. Горбунова ; Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербургская государственная консерватория им. Н. А. Римского-Корсакова. - Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. - 336 с. - ISBN 978-5-8064-1948-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428328> (26.04.2019).
23. Садкова, О.В. Словарь терминов музыкальной акустики и психоакустики : учебное пособие / О.В. Садкова ; Министерство культуры Российской Федерации, Нижегородская государственная консерватория (академия) им. М.И. Глинки. - Нижний Новгород : Издательство Нижегородской консерватории, 2012. - 163 с.
24. Сушкевич, Н. С. Идеи и технологии электронных звучаний / Н. С. Сушкевич // Весці Беларускай дзяржаўнай акадэміі музыкі: Навукова-тэарэтычны часопіс. – № 7. – 2005. – С. 102–116
25. Тишина В Студии Общее строение синтезаторов и основные методы синтеза звука / Музыкальная газета [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nestor.minsk.by/mg/articles/1997/17/1800.html/> Дата доступа: 20.07.2018
26. Учебник cubase [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cubase.su/publ/1-1-0-110/> Дата доступа:29.07.2016
27. Что такое музыкальные форматы [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://bestmusica.ru/blog/kharakteristiki_muzykalnykh_formatov/2011-01-19-33/ Дата доступа: 20.03.2019

5.5 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 электромusикальными 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 призвуком, 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.