

Из истории алгоритмической музыки. К музыкальным технологиям будущего.

Музыка гонит науку и смеется над ней. Мир - не научен. Мир - музыка, а наука - его накипь и случайное проявление".
(А.Ф. Лосев Музыка как предмет логики. Из ранних произведений. М., 1990. С. 227).

Ключевые слова. История алгоритмической музыки. Формализация музыки. Программируемые музыкальные композиции. Машины - генераторы мелодий. Музыка машин.

Резюме. В статье рассматриваются исторические и технологические предпосылки зарождения и возникновения алгоритмической музыки, связанные с появлением в музыкальных композициях комбинаторного принципа, а также воплощающих этот принцип различные музыкальные устройства – прообразы современных компьютерных генераторов мелодий. В свете такого понимания, становление алгоритмической музыки рассматривается в качестве некоего альтернативного направления традиционной музыкальной культуре, как закономерное культурно-технологическое явление, обусловленное преемственностью и эволюционным характером развития музыкальных технологий, **в котором музыка** развивалась вместе с развитием средств её исполнения - музыкальных инструментов,

Key words. The history of algorithmic music. Formalization of music. Programmable music tracks. Machinery - Generators tunes. Music machines.

Summary. The article deals with the historical and technological background and origin of algorithmic music, with the appearance in the musical compositions of the combinatorial principle and embodying this principle, various music devices - prototypes of the modern computer generators tunes. In light of this understanding, the emergence of algorithmic music is regarded as a sort of alternate lines of the traditional musical culture as a natural cultural and technological phenomenon, due to continuity and evolutionary development of music technology in which the music has evolved with the development of of its performance - musical instruments.

Широкое применение компьютерных технологий в музыке составляет одну из примечательных особенностей современного этапа исторического развития. В настоящее время музыка, созданная с помощью компьютера, стала поистине массовым явлением и превращается, пожалуй, в важный составной элемент современной музыкальной культуры. Очевидность предоставляемых музыкальным компьютером принципиально новых возможностей в развитии профессионального мышления музыканта во всех сферах музыкального творчества неизбежно приводит к нарастающему внедрению музыкально-компьютерных технологий, что позволит существенным образом дополнить и даже изменить сам характер труда композитора, музыковеда, исполнителя, существенным образом повлияет на сам процесс преподавания и обучения музыки.

Многочисленные эксперименты с электронными и не только электронными машинами, способными извлекать звук, привели к возникновению различных способов написания музыки, а отсюда и к появлению разнообразных стилей и направлений. Новое звучание, необычное и непривычное слуху стало новаторством в музыке. Многие известные современные композиторы, например, К. Штокхаузен, О. Мессиан, А. Шнитке, несмотря на сложность работы с техникой, создавали произведения с применением новых электронных инструментов или только на них. Развитие самой электронной вычислительной техники уже на ранних этапах привело ее к «вторжению» в музыку художественного творчества характерно в целом для искусства XX в. С появлением электромузыкальных инструментов и вычислительной техники композиторы смогли обогатить тембровую палитру и *начать программировать музыкальные структуры*. Первые образцы «машинной музыки» были представлены в конце 1950-х гг., когда кибернетики из США и СССР создали модели фугированных,

серийных, алеаторических¹ песенных форм. В результате многочисленных успешных экспериментов появились неожиданные по художественному результату музыкальные композиции, поразившие воображение не только публики, но и самих создателей.

Перед музыковедами электронные технологии и методы, привнесенные из общей теории систем и кибернетики, также открыли принципиально новые возможности исследований во всех областях музыковедения: от изучения особенностей организации структурных элементов музыкальной композиции до решения задач в области музыкальной акустики и психологии музыкального восприятия. Уже в 1970-х гг. использование компьютеров принесло значительную пользу даже этнографам, составлявшим частотные словари интонаций народных песен, которые быстро обрабатывали большие массивы данных и на этой основе создавали специализированные экспертные системы.

Результатом междисциплинарных исследований стало обоснование теоретико-информационного подхода к решению широкого круга научных проблем музыковедения. Дальнейший прогресс в развитии электронных технологий сделал компьютерные музыкальные системы доступными для широкого круга пользователей. Композиторы получили возможность работать в, интерактивном, диалоговом режиме и реализовывать на компьютере идею, выраженную в виде «эскиза» мелодии, структурного фрагмента композиции или рисунка, экспериментировать со звуком на уровне микро-тонов, выбирать оптимальную оркестровку, производить звукозапись и при этом даже печатать нотный текст. В конце 50-х годов XX в. рождается новое направление – *компьютерная музыка*. Концептуально имея много общего с классической Elektronische Musik, компьютерная музыка опиралась в первую очередь на активно развивающуюся в то время *теорию информации*. Сегодня термин «компьютерная музыка» имеет два различных значения. С одной стороны, в популярной сфере, это, примерно, то же, что электронная музыка, только с опорой на компьютерную музыку, с другой – как правило, исследовательской, научной среде, этот термин чаще всего указывает на *использование формальных алгоритмов в процессе музыкальной композиции*.

Такую музыку часто определяют как алгоритмическую, где алгоритмом называют строго определенную последовательность действий, приводящую к искомому результату. Для окончательной записи алгоритмов в такой музыке используются формализованные алгоритмические языки, состоящие из соответствующего алфавита или набора символов, синтаксических правил и семантических определений. На их основе строятся *языки программирования*, в том числе, и музыкальные (напр. Musik 4, C-Sound, Supercolider, MAX/MSP и др.) теория алгоритмов которых была разработана советскими учеными А.А. Марковым и П.С. Новиковым, Н.М. Нагорным с 1984 по 1996 г.г., занимавшимися решением любых однородных задач или действий посредством разложения их на точно установленные предписания и последовательность конечного числа элементарных операций. Уже в 50-х годах XX в., используя самые первые ЭВМ, ученые делали попытки синтезировать музыку - сочинять мелодию или аранжировать ее искусственными тембрами. Так появилась

¹ *Алеаторика* (лат. - *alea* - *игральная кость, жребий, случайность*) - техника композиции в музыке XX-XXI веков, опирающаяся на представление о не закреплённости нотного текста (нот) и музыкальной формы и предполагающая неопределённость или случайную последовательность (отсюда название) элементов при сочинении или исполнении. Предпосылкой к возникновению алеаторики была уже упомянутая нами Musikalisches Würfelspiel (музыкальная игра в кости). Как композиторское направление алеаторика развилась в противовес сериальной музыке, в технике которой все категории музыкального языка (гармония, ритм, форма, оркестровка и т.д.) были детерминированы теми или иными пре-композиционными алгоритмами (формулами, моделями).

алгоритмическая музыка, принцип которой был предложен еще в 1206 году Гвидо Марцано, а позднее применен В.А. Моцартом для автоматизации сочинения менуэтов - написание музыки согласно выпадению случайных чисел, которая стала одним из основных направлений и современной электронной музыки и иных типов и форм музыкальных построений.

Развитие музыкальных технологий в XX в. постепенно, но неуклонно продвигалось *в направлении появления собственно алгоритмических технологий*. Так, уже в начале 30-х годов XX века советские исследователи, фактически, сумели семплировать, синтезировать звуки музыкальных инструментов, голос человека, различные шумы (А.А. Авраамов, Е. Шолпо, Б. Янковский). Более того Б. Янковский в до магнитофонную эру разработал свою *технику аддитивного и формантного синтеза, технику спектральных мутаций* (Saund Hack). На основе созданных по этим технологиям искусственных звуков синтезировались полифонические, оркестровые партитуры и озвучивались фильмы. Здесь уже можно говорить о появлении секвенсоров, многоканальной записи и монтаже начала 30- годов. века советские исследователи, фактически, сумели семплировать, синтезировать звуки музыкальных инструментов, голос человека, различные шумы (А.А. Авраамов, Е. Шолпо, Б. Янковский).

Так, например, метод А.А. Авраамова опирался на совершенно новую парадигму музыкального творчества, в которой традиционная система музыкальных понятий подвергалась серьезному пересмотру. Центром его системы стал Звук не просто как акустический феномен, но как детерминированный Хаос, Шум, от степени и способа организации которого, собственно, и зависел конечный музыкальный результат. Еще в 1930-м году, опираясь на свой опыт работы с акустическими инструментами, А.А. Авраамов утверждал: «...Я считаю, что музыка, если ее понимать не так, как теперь понимают, не обязательно классическая музыка, а музыка вообще, в более широком смысле, как организованный звук, должна принять участие в звуковом фильме Кроме того, я должен сказать, что противоречия между двумя последними моментами, т.е. между музыкой и шумом, я вообще не вижу. Большинство так называемых шумов ... не были воспроизведены при помощи шумовых инструментов, а были воспроизведены музыкальным образом на настоящих музыкальных инструментах...»²³. Установка, которая вытекала из подобного акустического подхода, стирала грань между музыкальным и шумовым эффектами. Тот и другой были организованным звуком, но организованным по-разному.

Более ясная композиция приводила к музыкальному эффекту, более сложная, насыщенная приводила к эффектам порядка шумового». При этом А.А. Авраамов стремился найти общий базис, универсальную систему координат для параметризации музыкального звука, позволяющую не только описывать элементы музыкальной формы в формальных, математических понятиях, но также и соотносить их с динамическими визуальными формами. Опираясь на свой новый опыт работы с синтетическим «Графическим звуком», предвидя, что в скором времени композитор станет абсолютным хозяином звуковой дорожки, обладающим универсальными средствами тотального контроля над звуковым материалом, первозданным «звуковым хаосом»²⁴.

В 1918 году Евгений Шолпо изобретает специальные приборы – «Мелограф» и «Автопианограф», предназначенные для регистрации всех ритмических нюансов живого исполнения музыки, а в середине 1920-х он оформляет патент на свое

²³ См. А. Смирнов Арсений Авраамов: организованный звук. В интернет – ресурсе <http://www.asmir.info/lib/orgsound.htm>, С. Румянцев «Коммунистические колокола», в интернет – ресурсе - <http://www.asmir.info/lib/avraamov2.htm>

²⁴ См. Авраамов А. Синтетическая музыка. // Советская музыка, № 8, 1939, С. 67-75.

изобретение. В 1930-м году Шолпо патентует принцип работы будущего «Вариофона». В 1918 году Шолпо изобретает специальные приборы – «Мелограф» и «Автопианограф», предназначенные для регистрации всех ритмических нюансов живого исполнения музыки, а в середине 1920-х он оформляет патент на свое изобретение. В 1930-м году Е. Шолпо патентует принцип работы будущего «Вариофона». Метод Е. Шолпо открывал доступ к огромному многообразию новых тембров. Вариофон допускал произвольное изменение высоты тона, возможности получения глиссандо, вибрато, оттенков, изменения силы звука, построения многоголосных аккордов (до 12 одновременно звучащих голосов). В 1918 году в то время как большая часть популярной электронной музыки имела жестко фиксированный ритм, технология Е. Шолпо позволяла моделировать самые тонкие ритмические нюансы живого исполнения - *Rubato*, *Rallentando* и *Accelerando*.

В это же время Б. Янковским была разработана *техника аддитивного и формантного синтеза, техника спектральных мутаций* (Saund Hack). Идея Янковского - есть симфонический оркестр, палитра инструментов, на которой отсутствуют многие краски. Янковский хотел построить инструмент, который бы позволил перекрыть пропущенные тембры, частоты, создать подобие периодической таблицы элементов для звуков, Это была первая идея тембральной мутации, морфинга звуков. Янковский формировал новые звуки, складывая участки пленки с синусоидами разной частоты и разной плотности рисунка.

Таким образом, в 30-е годы были сформулированы все основные принципы современной синтезаторной музыки и через короткое время успешно забыты. С конца 1932 г. Б. Янковским производится запись на пленку *синтонов* - звуков синтетических инструментов, заполняющих пробелы между группами симфонического оркестра, а также воспроизводящих (как частный случай синтеза) и все существующие инструменты, но с расширением их диапазонов, при соблюдении устойчивости формант. На основе изучения и классификации звуковых спектров существующих инструментов им производился синтез сложных синтетических тембров из элементов синусоидальных, на базе же изучения живого исполнения были обнаружены закономерности, в соответствии с которыми на пленку наносилась искусственная фонограмма из этих новых (синтетических) тембров, обладающая специфическими средствами художественной выразительности.

В 1940 году И. Шиллингер, математик из Колумбийского университета, разрабатывает математическую систему музыкальной композиции. Утверждают, что Джордж Гершвин, работая над оперой «Порги и Бесс», пользовался системой И. Шиллингера¹. И. Шиллингер полагал, что каждый параметр композиции может быть определен математически, и музыка может создаваться на основе законов науки. "Все музыкальные процессы, писал И. Шиллингер, - это только особые случаи общей

¹ Иосиф Шиллингер (1895-1943) - советский и американский композитор, музыковед, поэт, математик, художник, скульптор, фотограф, создатель первого в России джаз-оркестра, в начале 20-х г.г.г - один из лидеров легендарной АСМ, учитель Джорджа Гершвина, Глена Миллера, Бенни Гудмена, Томми Дорсея, Джерри Маллигана и мн. др. знаменитых джазовых музыкантов, друг Д. Шостаковича,

Этим невероятным сочетанием профессий и качеств обладал человек, родившийся 1 сентября 1895 года в Харькове и умерший 23 марта 1943 года в Нью-Йорке. И. Шиллингер считался одним из самых ярких композиторов раннего советского периода. Помимо этого был известен как также как поэт, математик, художник, скульптор, фотограф. Был другом Д. Шостаковича и Л. Термена. Создал одно из первых академических произведений для терменвокса (с оркестром).

Эмигрировав в США, Шиллингер почти полностью перестал сочинять музыку, переключившись на занятия музыкальной теорией и педагогикой. Теория Шиллингера, опубликованная посмертно, составляет два огромных тома (1640 страниц) «Системы музыкальной композиции Шиллингера», а также «Математические основы искусств». Концепция моделей (или фигур) стала основополагающей в его теории. Эти модели в приложении к длительностям, высотам и другим параметрам и создавали ритмические мотивы, мелодику и т. д.

схемы создания моделей". Концепция моделей (или фигур) стала основополагающей в его теории. Эти модели в приложении к длительностям, высотам и другим параметрам и создавали ритмические мотивы, мелодику и т. п. Теоретическая концепция И. Шиллингера, в которой он применял разработанные им принципы не только к музыке и даже не только к другим видам искусства, но и ко всей окружающей его жизни рассредоточена в двух его основных трудах - «Системе музыкальной композиции И. Шиллингера» и «Математических основах искусств», подготовленных к печати и вышедших в свет после смерти автора (в 1946 и 1948 г.г.), составив два огромных тома (всего 1640 страниц)

И. Шиллингер стремится не только обнаружить математические закономерности в произведениях искусства или привнести конструктивные элементы в творческий процесс, но и пытается найти путь к полной подмене интуитивного творчества художника или композитора рациональным. В работе "Математические основы искусства" И. Шиллингер апеллирует не только к математике, но и в той или иной мере ко всем естественным наукам - физике, химии, биологии, физиологии, экспериментальной психологии и даже астрономии, утверждая, что «...Анализ эстетических форм требует математической техники, а синтез (реализация форм в средствах искусства) требует техники инженерии. Не существует причин, по которым живопись или поэзия не могут быть сконструированы и выполнены так же, как поезда или мосты». При этом система музыкальной композиции И. Шиллингера» представляет собой по существу руководство по сочинению всех компонентов музыкальной ткани (ритма, мелодии, аккордов), включающее способы согласования этих компонентов между собой, в которой основой для сочинения должен служить набор несложных схем, опирающихся на график или числовой ряд.

Схема движения музыкальной ткани может представлять собой последовательность аккордовых структур, движение баса, звукоряд, мелодический или ритмический рисунок, последовательность смены тембров и т.д. Сам же процесс сочинения музыки по системе И. Шиллингера состоит в выборе и комбинировании этих схем согласно случайности или соображениям рационального характера. Зачастую такой выбор может напоминать подобие калейдоскопа, сочетание фигур в котором ограничено только отведенным звуковым или акустическим пространством.

От привычной музыкальной практики, диктуемой художественной музыкальной традицией, И. Шиллингер обращается к непосредственному источнику искусства, каким он ему представляется, а именно - к неким исходным, универсальным структурам, пригодным для любой из ветвей искусства, выражающиеся в простейших числовых моделях, позволяющих создавать изоморфные друг другу произведения – музыкальные и изобразительные. В качестве моделей используются числовые последовательности, общеизвестные (числа Фибоначчи, ряды арифметической и геометрической прогрессий) или специфически специфически шиллингеровские, полученные при помощи графика по аналогии с физическим процессом интерференции, то есть наложением двух графических диаграмм с различной величиной периода и вычислением результирующего ритма. Все эти числовые ряды могут подвергаться алгебраическим преобразованиям

На основе чисел, утверждал И. Шиллингера можно организовать всю музыкальную ткань, - ритмические, звуковысотные, тембровые, динамические и др. компоненты, соотношения частей формы и т. д., произведя, таким образом, полную формализацию музыкального языка. Помимо этого, автор предлагает соотносить, скажем, звуковысотность с цветом при помощи специальных диаграмм, в которых более высокие звуки соответствуют цветам с более высокими частотами при одновременном допущении возможности одновременного представления изоморфных произведений. Не ограничиваясь общеизвестными видами искусства, И. Шиллингер в

«Математических основах» писал о принципиально новых его видах - *искусствах запаха, осязания и вкуса*. Одной из его исследовательских установок и даже мечтой было создание музыкальных автоматов, генерирующих музыку без помощи человека.² Итоговой целью всех этих изысканий является, по мысли И. Шиллингера, является построение синтетической машины, могущей сочинять музыкальные произведения иного, высшего порядка, притом с большей степенью совершенства, чем это доступно композиторам, где машине будет задаваться только общая физико-математическая идея, а выполнение будет идти автоматически.

И. Шиллингер планировал и конструирование «полуавтоматических инструментов», в которых создание музыки или рисунка предполагает участие человека, – любителя или профессионала. Музыкальный полуавтомат предполагалось назвать «Музаматон», художественный - «Артоматон». Высоко оценивая теоретическую систему И. Шиллингера в музыке А. Эйнштейн назвал ее не больше ни меньше как ее аналогом теории относительности в физике. Из последних работ И. Шиллингера в этой области можно отметить использование фрактальной геометрии и так называемых генетических алгоритмов³.

Использование научно-технических достижений для создания методов художественного творчества характерно в целом для искусства XX в. С появлением электромузыкальных инструментов и вычислительной техники композиторы смогли обогатить тембровую палитру и *начать программировать музыкальные структуры*. Первые образцы «машинной музыки» были представлены в конце 1950-х гг., когда кибернетики из США и СССР создали модели фугированных, серийных, алеаторических песенных форм. В результате многочисленных успешных экспериментов появились неожиданные по художественному результату музыкальные композиции, поразившие воображение не только публики, но и самих создателей

Перед музыковедами электронные технологии и методы, привнесенные из общей теории систем и кибернетики, также открыли принципиально новые возможности исследований во всех областях музыковедения: от изучения особенностей организации структурных элементов музыкальной композиции до решения задач в области музыкальной акустики и психологии музыкального восприятия. Уже в 1970-х гг. использование компьютеров принесло значительную пользу даже этнографам, составлявших частотные словари интонаций народных песен, которые быстро обрабатывали большие массивы данных и на этой основе создавали специализированные экспертные системы.

Результатом междисциплинарных исследований стало обоснование теоретико-информационного подхода к решению широкого круга научных проблем музыковедения. Дальнейший прогресс в развитии электронных технологий сделал компьютерные музыкальные системы доступными для широкого круга пользователей. Композиторы получили возможность работать в, интерактивном, диалоговом режиме и реализовывать на компьютере идею, выраженную в виде «эскиза» мелодии,

² По материалам статей Елены Дубинец. «Перерос музыку как таковую» - в интернет-ресурсе - <http://www.21israel-music.com/Schillinger.htm> и Е. Ивановой Музыкальная инженерия Иосифа Шиллингера в интернет – ресурсе - <http://schillinger.narod.ru/>

³ *Генетический алгоритм* (от англ. *genetic algorithm*) - эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Является разновидностью эволюционных вычислений. Отличительной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе. Основателем генетических алгоритмов считается Джон Холланд, книга которого «Адаптация в естественных и искусственных системах» (1975) является основополагающим трудом в этой области исследований.

структурного фрагмента композиции или рисунка, экспериментировать со звуком на уровне микро-тонов, выбирать оптимальную оркестровку, производить звукозапись и при этом даже печатать нотный текст. В конце 50-х годов XX в. рождается новое направление – *компьютерная музыка*.

Концептуально имея много общего с классической *Elektronische Musik*, компьютерная музыка опиралась в первую очередь на активно развивающуюся в то время *теорию информации*. Сегодня термин «компьютерная музыка» имеет два различных значения. С одной стороны, в популярной сфере, это, примерно, то же, что электронная музыка, только с опорой на компьютерную музыку, с другой – как правило, исследовательской, научной среде, этот термин чаще всего указывает на *использование формальных алгоритмов в процессе музыкальной композиции*. Такую музыку часто определяют как алгоритмическую, где алгоритмом называют строго определенную последовательность действий, приводящую к искомому результату.

Для окончательно записи алгоритмов в такой музыке используются формализованные алгоритмические языки, состоящие из соответствующего алфавита или набора символов, синтаксических правил и семантических определений. В 50-е г.г. XX в. начался также настоящий бум «формализации» музыки. На музыкальную арену выступила такая крупная фигура как Янис Ксенакис⁴, человек-легенда, архитектор и математик, композитор и музыкальный теоретик, один из лидеров нового искусства, символ европейского авангарда, заметно повлиявший на культуру Западной Европы и всего мира. Он был автором целого ряда новых идей музыкальной композиции, соединяющих логику математики, пространственные принципы архитектуры и музыкальную образность. Он же первым теоретически обосновал концепцию звуковых масс, технику стохастической композиции, «символическую» музыку.

Концептуальный и бескомпромиссный новатор, Ксенакис внедрял в музыку «управляемый хаос», переводил графику своих партитур на язык архитектуры, задействовал компьютер в музыкальной композиции, предложил новые способы структурного описания музыки, электронного синтеза звука и даже выдвинул свежие идеи в области современного музыкального образования, первым теоретически обосновал концепцию звуковых масс, технику стохастической композиции, «символическую» музыку. Творчество Ксенакиса уникально тем, что всегда находится на точке сопряжения полярных явлений - искусства и науки, Запада и Востока, древности и современности, обнаруживая при этом их единство. Глубокие, оригинальные и часто парадоксальные идеи Ксенакиса, ставшего одной из ключевых фигур в новейшей истории музыки, вызывают все растущий резонанс не только среди музыкантов, но и писателей, философов, архитекторов, специалистов по информационным технологиям.

Напомним лишь о двух его проектах - это павильон фирмы Филипс, сконструированный в 1958, имеющий структурное сходство с его музыкальным

⁴ *Ксенакис Янис* (греч. -Χενακης) (1922-2001), греческий композитор. В 1947 окончил политехнический институт в Афинах. Музыка учился в Париже у композиторов А. Онеггера и Д. Мийо (1948-1950); изучал композицию в Парижской консерватории у О. Мессяна (1950-1953). С 1965 жил в Париже. В ранних сочинениях К. проявляется влияние греческого фольклора. В дальнейшем стал придерживаться принципов додекафонии. Будучи одним из крайних представителей музыкального авангарда. Выработал свою систему композиции, которая строится, в частности, на основах математической логики, музыка предназначена для необычных инструментальных составов и полностью порывает с классической традицией. Создал собственную музыку основанную на математической теории вероятности, так называемую *стохастическую систему сочинения*. Ксенакис обращался к *пространственной музыке*, объединяющей эксперименты с перемещением, с движением звуков музыки в пространстве. С 1948 по 1960, в общей сложности двенадцать лет работал в мастерской известного французского архитектора, представителя авангарда, Ле - Корбюзье в Париже, выполнив ряд музыкально-архитектурных проектов,. Наряду с П. Булезом К.- один из лидеров франц. муз. авангарда. Авангардистские позиции Ксенакис отстаивает во многих теоретических работах. См. напр. Ксенакис Я. Беседы Homo musicus: Альманах музыкальной психологии. М., 1994.

произведением «Метастазис», и компьютер УПИК, переводящий рисунок в музыкальный звук. В 1956 Ле Корбюзье получил заказ на проектирование павильона Филипс (от известного голландского концерна) для всемирной выставки ЭКСПО-58 в Брюсселе. Разработку этого проекта, который был назван «Электронная поэма», Корбюзье доверил Ксенакису. Моделирование сложных и весьма необычных форм павильона производилось математическим методом построения фигур 2-го и 3-го порядка (гиперболоид вращения). Его основная конструкция, вантовая в основе, с туго натянутыми металлическими растяжками, напоминает архаический струнный музыкальный инструмент, что-то вроде арфы. Внешний вид готового павильона в целом смахивал на абстрактную скульптуру экспрессивных форм. Исполнявшаяся внутри павильона аудио - визуальная программа под названием «Электронная поэма», - плод коллективного творчества. Аудиоряд «поэмы» был создан и записан Ксенакисом и Варезом. Это трёхминутный, непрерывно повторяющийся опус под названием «Concret PH».

Поскольку проект павильона создавался в рамках его мастерской, да и сама концепция «Электронной поэмы» также вырабатывалась под его началом, автором архитектуры павильона Филипс долгое время считался Ле Корбюзье. По сути, конструкция павильона Филипс, созданная Ксенакисом, новаторская, не имеющая прецедентов, предвосхитила появление целого направления в строительстве павильонов (например, вантовые перекрытия Олимпийского комплекса в Токио, арх. Кендзо Танге). Корбюзье и Ксенакиса, столь разных, и по возрасту и по основным увлечениям художников, сближал не только общий интерес к математике (Корбюзье как раз в это время создал свой знаменитый «Модулар»). И тому, и другому были свойственны стремление к новаторскому поиску, пытливый склад ума, свой собственный взгляд на вещи. Родоначальниками же современной алгоритмической музыки считаются несколько композиторов, самым известными из которых являются Янис Ксенакис и Пьер Булез⁵. Многие из них писали собственные программы, но исключительно под конкретную композицию, и пользовались ими как инструментами. Помимо Я. Ксенакиса созданием алгоритмических композиций занимались Е. Шеннон, Р. Зарипов и др.⁶. Однако это еще не была алгоритмическая музыка, как мы ее

⁵ Булез Пьер (фр. *Pierre Boulez*), французский композитор и дирижер. Родился 26 мая 1925 в Монбризоне (Франция). Изучал математику и музыку в Сент-Этьене и Лионе, затем стал учеником Оливье Мессиана в Парижской консерватории, с 1946 по 1956 Булез - музыкальный руководитель театральной труппы Жана-Луи Барро и Мадлен Рено. С помощью Барро основал в 1953 г. "Концерты Мариньи", позже получившие название "Музыкальные горизонты" ("*Domaine Musical*") - один из первых в Европе фестивалей музыкального авангарда. См. - Кон Ю. П. Булез как теоретик // Кризис буржуазной культуры и музыка. М., 1983.

⁶ Клод Эвуд Шеннон (30.1916- 24.2001) - американский инженер и математик, работы которого являются синтезом математических идей с конкретным анализом чрезвычайно сложных проблем их технической реализации. Человек, которого называют *отцом современных теорий информации и связи*. Является основателем теории информации, нашедшей применение в современных высокотехнологических системах связи. Шеннон внес огромный вклад в теорию вероятностных схем, теорию автоматов и теорию систем управления - области наук, входящие в понятие кибернетика. С 1950 по 1956 Шеннон занимался созданием логических машин, таким образом, продолжая начинания фон Неймана и Тьюринга. Им же была определена основная единица количества информации, названную впоследствии битом. Им также были заложены алгоритмические основы эллиптической криптографии - криптографические методы защиты информации.

В 1948 году К. Шеннон опубликовал работу "Программирование компьютера для игры в шахматы", явившуюся первым достижением в области компьютерного интеллекта. Он создал машину, которая могла играть в шахматы, задолго до создания Deep Blue. См. - Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М., 1963. Методы теории информации, предложенные Шенноном использовались с разной степенью плодотворности во мн. прикладных областях, включая информатику, языковедение, криптографию, теорию управления, обработку изображений, генетику, психологию, экономику, алгоритмическую музыку и в др.

воспринимаем сегодня. Первые «технические» попытки заняться алгоритмической музыкой, относятся, конечно же, ко времени возникновения компьютеров, мощности которых изначально не хватало на обработку простейших алгоритмов, которых изначально вполне хватало на обработку простейших алгоритмов. В университете штата Иллинойс США такой компьютер появился в 1953 году, он имел невероятно большой объем памяти - 1 килобайт (шкафы с памятью занимали целую комнату). Компьютер не выдавал ничего похожего на музыку – это были просто столбики цифр, которые композитор должен был преобразовать в партитуру и только после этого передать ее музыканту. В начале 60-х гг. Ксенакис стал применять электронно-вычислительные машины для генерации больших звуковых масс на основе помощью программ, написанных на языке Fortran IV. Под руководством Ксенакиса был разработан и компьютер с графическим вводом - он назывался UPIC и позволял буквально рисовать музыку и форму волны, и поведение всей картины в целом.

В 1956 г. Янис Ксенакис ввел свой термин «*стохастическая музыка*», для описания музыки, основанной на законах вероятностей и законах больших чисел. В его оркестровой композиции «Achorripsis» (1957) события, связанные с проявлением тех или иных музыкальных элементов, таких как тембр, высота, громкость, продолжительность были распределены по всей композиции в соответствии с распределением Пуассона⁷. Для Ксенакиса «исчисление и распределение вероятностей» стало инструментом управления сложностью музыкальных событий. Так, скажем, определив некоторое распределение, он мог заставить любое количество событий произойти в нужное время в нужном месте.

В 80-е годы у композиторов появилась возможность использовать компьютеры, снабженные специальными программами, которые могли запоминать, воспроизводить и редактировать музыку, а также позволили создавать новые тембры, печатать партитуры собственных творений, а также позволили создавать новые тембры, печатать партитуры собственных творений. Стало возможным использование компьютера в концертной практике. На сегодняшний день компьютер является по сути мультитембральным инструментом и неотъемлемой частью любой звукозаписывающей студии. Разумеется, таким подходом заинтересовались композиторы, пользовавшиеся серийной техникой, поэтому серийная и алгоритмическая музыка какое-то время шли нога в ногу. Серии могли формироваться из звуковысот, тембров, длительностей и т. д.

Что может быть проще, чем написать программу, выдающую неповторяющиеся ноты (в серии запрещены повторения, а также интервальные консонансы – терции, квинты). Особняком стоит только Я. Ксенакис, чьей программой SMP (stochastic music program) пользовались другие музыканты. В алгоритмической музыке в качестве отправной точки часто используется колебание некоторой величины в определенном диапазоне *по случайному закону*. Серийная техника уже не в моде, алгоритмы используются, например, для гранулярного синтеза.

В конце шестидесятых - начале семидесятых годов началось массовое применение компьютеров в акустике и термин "алгоритм" становится общепринятым. Применение компьютеров не только позволило получить численные решения многих трудных задач

Зарипов Рудольф Хафизович – современный российский математик. В 1959 г. Р. Зарипов начал «сочинять» однопольные музыкальные пьесы на малой ЭВМ общего назначения на ламповой основе «Урал», называвшиеся «Уральские напевы» и носившие характер эксперимента. При их сочинении использовались случайные процессы для различных элементов музыкальной фактуры (форма, ритм, звуковысотность и т. д.). - См. напр. Зарипов Р. Х. Об исследовании музыкальных сочинений кибернетическими и психоакустическими методами. Материалы VI Всесоюзной Акустической Конференции, Москва, 1968 г. в интернет - ресурсе - <http://www.thereimn.ru/archive/zaripov68.htm>

⁷ *Распределение Пуассона* (матем. понятие) - моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга.

акустики, которые не поддавались решению традиционными аналитическими методами, создать совершенно новые многоканальные акустические информационные системы, но и указало на необходимость новых подходов и математических моделей для описания излучения, рассеяния, дифракции и распространения акустических волн и колебаний. В 1974 году профессор Дональд Кнут⁸ из Стэнфордского университета при вручении ему премии Тьюринга в области программирования и вычислительной математики, выступил со своей знаменитой речью «Программирование как искусство». В ней он вдохновенно говорил об эстетических ценностях в программировании. И в то же время Д. Кнут отмечал: «Бывают ситуации, когда мы призваны не сочинять, а исполнять симфонию; но исполнение прекрасного музыкального произведения - истинное наслаждение, несмотря на то, что наша свобода ограничена предписаниями композитора. Так и программист иногда выступает в роли не столько художника, сколько ремесленника, но и работа ремесленника может доставлять радость, если он имеет дело с хорошими инструментами и материалами».

1955-1956 гг. химик, программист и композитор Лежарен Хиллер, в соавторстве с Леонардом Исаксоном, разрабатывает музыкальные алгоритмы, на основе которых была создана первая компьютерная композиция «Иллиак сюита для струнного квартета» (Iliac Suite)⁹. Перу Хиллера принадлежит связи теории информации с компьютерной музыкой, написанных на основе проведенных аналитических разработок музыки Моцарта, Бетховена, Берга, Хиндемита, Веберна, Размышляя об информационных потоках в музыкальной пьесе и их связи с природой музыкального драматизма, Хиллер вводит в язык музыкального программирования MUSICOMP ряд команд, созданных им в соавторстве с Р. Бэйкером для написания их совместной «Компьютерной Кантаты» -1963 г. В отличие от Макса Мэтьюса, создавшего алгоритмы синтеза звука, но не слишком озабоченного вопросами музыкальной формы, Л. Хиллер создал направление алгоритмической музыки, не имевшей первоначально никакого отношения к технологии звукового синтеза.

Главной целью Л. Хиллера было создание алгоритмов организации музыкального материала, под которым Л. Хиллер понимал в основном высоту, интенсивность и длительность отдельных звуков, а результатом работы компьютера, фактически, была традиционная партитура, исполнявшаяся живыми музыкантами. В программах, созданных Л. Хиллером и другими пионерами алгоритмической композиции,

⁸ *Дональд Эрвин Кнут* (род. 10.01.1938) - известный американский математик почётный профессор Стэнфордского университета и нескольких других университетов в разных странах, иностранный член Российской АН, преподаватель и идеолог программирования, автор 19 монографий и более 160 статей, разработчик нескольких известных программных технологий. Автор всемирно известной серии книг, посвящённой основным алгоритмам и методам вычислительной математики, разработчик нескольких известных программных технологий, автор всемирно известной серии книг, посвящённой основным алгоритмам и методам вычислительной математики - «Искусство программирования». См. напр. *Дональд Кнут Искусство программирования*, том 1, выпуск 1. MMIX - RISC-компьютер для нового тысячелетия = *The Art of Computer Programming, Volume 1, Fascicle 1 : MMIX-- A RISC Computer for the New Millennium*. М., 2006

⁹ *Лежарен Хиллер* (1924-1994) – современный композитор и программист. Родился и вырос в Нью-Йорке. С детства изучал теорию музыки и учился игре на фортепиано, экспериментируя при этом с роликами для пианолы (механического фортепиано, прообраза современного секвенсора). Обучался композиции у Харви Оффисера, игре на гобое у Джозефа Маркса. Поступив в Принстонский университет, изучал теорию и композицию у Роджера Сешонса и Мильтона Бэббита. Тем не менее, увлекаясь химией, защитил диплом как химик, а вскоре, в возрасте 23 лет, получил степень доктора, и с 1947 по 1952 г.г. работал в должности химика-исследователя на фирме «DuPont», одновременно, сочиняя инструментальную и фортепианную музыку. В 1958 г. Л. Хиллер переходит работать на музыкальный факультет, где создает вторую в США студию электронной музыки EMS, ориентированную на исследования в области музыкальной композиции, электроники, акустики, компьютерной техники, лингвистики, теории информации и теории коммуникаций

используются два полярных подхода, основанных на применении детерминированных либо *стохастических* (вероятностных) процедур.

Детерминируемые процессы генерируют музыкальные события (например, ноты), выполняя фиксированные композиционные задачи, не связанные со случайным выбором. Переменные, связанные с алгоритмической процедурой, называются *исходными данными*. Это может быть набор звуковысот, музыкальная фраза, некоторые правила или ограничения, которым должна удовлетворять процедура. Стохастические процедуры, с другой стороны, вводят случайный выбор в процессе принятия решения. Они генерируют музыкальные события согласно *таблицам вероятности*, которые устанавливают *вероятность* появления этих событий. В алгоритмической музыке в качестве отправной точки часто используется колебание некоторой величины в определенном диапазоне по случайному закону.

В отличие от Европы, где первые студии электронной музыки создавались при крупных радиостанциях, история электронной и компьютерной музыки в США связана, прежде всего, с крупнейшими университетами и научно-исследовательскими центрами, что обеспечило уникальную возможность сотрудничества специалистов в самых разных областях знаний. В начале 60-х годов в США можно выделить четыре основных характерных полюса притяжения, своего рода «аттрактора» в области музыкальной технологии и экспериментальной музыки - это композиторы Владимир Усачевский, Отто Люнинг, Милтон Бэббит, создатели первого в США центра электронной музыки Колумбия - Принстон, объединившего широкий спектр направлений от неоромантизма до сериализма. Это и американский инженер, программист, музыкант и исследователь Макс Мэтьюс, создатель первой музыкальной компьютерной программы, объединивший большую группу композиторов и исследователей в Телефонных Лабораториях Белл - главном центре исследований в области компьютерного синтеза звука; это химик, программист и композитор Лежарен Хиллер, создатель первой в мире компьютерной стохастической композиции, его коллеги Герберт Брюн, Джеймс Бичамп, Сальваторе Мартирано, студия экспериментальной музыки EMS основанная Хиллером при университете Иллинойса – ведущем центре формальных исследований в области алгоритмической компьютерной музыки и теории информации; это композитор Джон Кейдж, его идеи и концепции, объединившие многих музыкантов и художников в большое неформальное сообщество, занимавшееся живой электроникой и перформансом, композиторы Роберт Эшли, Гордон Мумма, Дэвид Берман, Давид Тюдор, Полин Оливейрос и др.

Что же такое - алгоритмическая музыка. Это, прежде всего звуковое пространство, созданное на основе некоего алгоритма, заранее заложенной программы игры инструментов, звуковых дорожек, их тембров и т.п. Отсюда естественен вопрос об отличии алгоритмической музыки от классического секвесторного представления данных. Отличие в том, что в алгоритмической музыке программирование распространяется абсолютно на любые параметры (интонации) музыки. То есть представление данных, осуществляется не в классической музыкальной линейке с инструментами и приложенным к ним эффектам, а, например, в теле программного цикла, задающим и величину музыкальной линейки, и законы ее проигрывания и параметры звучания инструментов. Такой подход порождает принципиально новую музыку и взгляд на звук.

В алгоритмической музыке основными принципами алгоритмизации одноголосых музыкальных произведений является такой принцип, когда организации звуков мелодии подчиняется закономерностям основных сторон мелодии с точки зрения ее строения (а не исполнения). Поэтому в программе-генераторе не рассматриваются закономерности исполнительных сторон музыки (такие, например, как динамические оттенки - *piano*, *diminuendo* и др.), но рассматриваются закономерности четырех

основных сторон - *ритмической, звуковысотной, ладогармонической*, предусматривающей организацию устойчивых и неустойчивых звуков мелодии. Поскольку выбор различных элементов мелодии происходит с помощью датчика случайных чисел, то по одной и той же программе можно получить практически бесчисленное количество различных мелодий ¹⁰.

Современные программы генераторы - мелодий способны создавать мелодии по звучанию уже сравнимые с мелодиями, создаваемыми человеком, и, казалось – бы, можно было уже говорить о принципиальной ограниченности алгоритмизации музыки. К этому можно было бы также добавить, что к основным недостаткам программ – генераторов является также его не способность, в конечном счете «качественно» оценить созданную музыкальную пьесу, вследствие чего пользователю приходится проводить значительное число предварительных генераций, прежде чем «ценный» набросок» части будущей музыкальной темы будет получен. Однако, поскольку процесс введения новых знаний в программу – генератор практически бесконечен и всегда существует альтернативный вариант подхода к созданию и интерпретации какого-либо параметра мелодии. Кроме этого при машинном сочинении мелодий используются данные, полученные программой после наблюдения за «поведением» коротких мелодию. Поэтому при выявлении новых мелодических особенностей темы существует добавления новых параметров генерации. Поэтому чем больше параметров при создании мелодии будет задействовано, тем точнее создаваемая мелодия будет отражать получение пользователем желанной им музыкальной темы.

В качестве отправной точки в алгоритмической музыке часто используется колебание некоторой величины в определённом диапазоне по случайному закону, а звуковое пространство, созданное на основе некоего алгоритма, заранее заложенной программы игры инструментов, звуковых дорожек, их тембров и т.п. Сегодня, когда серийная техника давно уже не в моде, алгоритмы используются, например, в технике гранулярного синтеза, технология, стоящая за алгоритмами растягивания звука во времени (time-stretch) и изменения высоты звука (pitch-shift), одно из недавних изобретений обработки звука.

С точки зрения творчества, полностью автоматизированные программы композиции ничего не дают композитору, не являющемуся при этом программистом. Действия композитора сводятся к вводу небольшого количества исходных данных перед запуском программы, жестко фиксирующей композиторскую стратегию, и последующему своего рода «сбору урожая» нот. Одним из способов обойти фиксированную стратегию может быть возможность воздействия на логику программы. В этом случае композитор становится программистом, беря на себя полную ответственность за результат. Другим способом может быть возможность отбора композитором результатов действия программы.

Своего методологическое обоснование возникновению в начале XX века направления алгоритмическом музыки дал Янис Ксенакис: «Тот факт, что я использую некоторые новые научные техники сочинения, связан с моей принадлежностью именно нашей эпохе. Дело в том, что музыке всегда были свойственны математические методы, даже если композиторы и не всегда это осознавали. Когда вы, к примеру, используете изобретенный еще в эпоху Ренессанса метод создания музыки, состоящий в проигрывании мелодического отрезка, его ракоходного повторения, а затем инверсии

¹⁰ Одним из примеров программ по созданию алгоритмической музыки является программа Max/MSP, использующая визуальный язык программирования, имеющая блочную структуру и основанную на синтаксисе языка СИ. Таким образом, можно сказать, что алгоритмический подход к музыке представляет абсолютное понимание и свободу и является фактически самым тонким инструментом, позволяющим контролировать все. С другой стороны - это чрезвычайно сложный инструмент, на освоение которого может и не уйдет много времени, но сам по себе музыкальный результат, будет создаваться весьма специфично и непросто

первоначального мотива или оборота, то вы имеете дело с тем, что в математике именуют «групповой структурой». Вы здесь имеете дело с математической теорией групп, с математическим понятием. Композиторы, используя этот метод, не осознают его математической природы. В действительности они опередили математиков. Таким образом, между традиционной музыкой и тем, что я делаю, нет никакой пропасти; это попросту новые аспекты традиции. Эти новые техники сочинения в то же время могут быть и являются музыкальным»¹¹.

XX век – время, когда технологии изменили мир. Музыка, как неотъемлемая часть человеческой жизни, также претерпела глобальные изменения. Композиторы опрокинули многие музыкальные правила прошлого и нашли новые, смелые темы и новые способы их выражения. И уже сегодня можно утверждать, что доступность компьютерной техники и программного для обеспечения редактирования музыки создадут в ближайшем будущем исключительные возможности и условия для музыкального творчества, а выражения: «моя музыка», «моя домашняя студия», «мои компакт-диски», «мои видеоклипы», «мой музыкальный сайт» - в значении «мною созданный» также станут массовыми и обыденными понятиями, когда каждый желающий сможет попробовать себя в роли композитора, аранжировщика, звукорежиссера, сочинителя новых тембров, или просто звуковых эффектов.

Это утверждение подтверждается тем фактом, что программное обеспечение ПК, предназначенное для обработки звука и редактирования музыки, стремительно развивается, а функциональные возможности программ расширяются. Математики и инженеры, разрабатывающие программы, создают и предлагают новые технические и математические способы решения проблем как чисто музыкальных, так и находящихся на стыке музыки и акустики. Как следствие – музыканту или композитору, использующему в своем творчестве компьютер, уже недостаточно будет оставаться только музыкантом и пользователем ПК. Ему с неизбежностью придется не только овладеть новыми техническими терминами, но и понять сущность операций со звуковыми данными и алгоритмов обработки музыкального материала, смоделированных в программах. Так, например, блистательная интуиция ученого-физика позволила Жану-Клоду Риссе на основе использования этих программ получить чудесный и сложнейший тембр, названный им «электронными перистыми облаками»¹². Если бы Ж.К. Риссе использовал традиционные формы сочинения и создания музыки, у него ушли бы на его создание годы поисков и многочисленных расчетов.

Подобный прогноз основывается отчасти на том, что к началу XXI века в музыкальных программах нашли применение многие результаты исследований в области математики, технической кибернетики и теории сигналов, на основе которых были созданы принципиально новые технологии обработки звука, среди которых можно выделить такие как - *гранулярный синтез субтрактивный синтез, тембральный морфинг звука* и др. Техника, известная как *гранулярный синтез* – это необычайно

¹¹ См. Я. Ксенакис Under construction . В интернет ресурсе – <http://www.astray.ru/main/texst/xenakis/.html/Cv.infr>. Также см. - Кон Ю. Яннис Ксенакис XX век. Кон Ю. О теоретической концепции Янниса Ксенакиса // Кризис буржуазной культуры и музыка. Вып. 3. М., 1976. Кон Ю. Яннис Ксенакис XX век. Зарубежная музыка. Очерки. Документы. Вып. 3. М., 2000 Computer Music Journal. In memoriam Iannis Xenakis. 2002, Vol. 26, jY» 1. Dissonance. 2001, № 68. MusikTexte. 2001, № 89, 90

¹² Жан-Клод Риссе (род. в 1938 году, в г. Le Puу, Франция) - современный композитор. Один из классиков французской компьютерной музыки. Имеет музыкальное образование по классу фортепиано. Три года работал в Bell Laboratories вместе с Максом Мэтьюзом, занимаясь разработкой музыкальных форм компьютерного звукового синтеза. В том числе занимался имитацией реальных звуков (синтез медных духовых, 1965 год), особенностями изменения высоты тона (pitch paradoxes), а также синтезом новых тембров и разработкой процессов звукового конструирования (1967-1969). В 1969 году издал каталог синтезированных с помощью компьютера звуков. В настоящее время является директором по научной работе в Национальном центре научных исследований.

мощная система манипуляций с аудио, которая позволяет настраивать скорость, высоту тона и формантные характеристики аудио - сэмплов независимо друг от друга, и всё это в реальном времени. По сути, гранулярный синтез - основная технология, стоящая за алгоритмами растягивания звука во времени (time-stretch) и изменения высоты звука (pitch-shift), но может также использоваться, чтобы генерировать необычные звуковые фактуры.

Принципы гранулярного синтеза также позволяют создавать новые и часто впечатляющие изменяющиеся звуки, используя очень простую основу. одно из недавних изобретений обработки звука. Так, одинаковые звуки микроскопической продолжительности, следующие друг за другом с большой частотой (гранулы), способны формировать новый тембр. Число гранул от 100 до 2500 в секунду. Технология родилась из техники сэмплирования и алгоритмов сдвига высоты тона, её вполне можно использовать для генерирования необычных звуковых фактур при создании неповторимых звуковых образов, поэтому она может быть реализована в некоторых виртуальных инструментах¹³. Не меньший интерес представляет и разные вариации метода, известного как *субтрактивный синтез* (subtractive synthesis), используемых большинством виртуальных инструментов. Это метод генерации звука, при котором «композитор» начинает формирование композиции с простой (но богатой гармониками) волны, такой как треугольник, пила, или квадрат, затем пропускаете её через огибающую громкости, фильтры, огибающие фильтров, осциллятор низкой частоты, чтобы преобразовать исходный звук в нечто более музыкальное.

Считается, что основателем такой "музыкальной математики" был Арнольд Шёнберг¹⁴, который сформулировал свой собственный метод композиции, основанный на осознании им того факта, что в процессе сочинения музыки автор подспудно стремится избежать ранее использованных элементов. Этот метод, примененный к высотам музыкальных тонов, а также идея частой смены тональностей, которая привела к появлению политональности и атональности, и послужили фундаментом теории сочинения музыки на основе двенадцати тонов (додекафонии). В технике додекафонии вся ткань музыкального произведения выводится из двенадцатизвучной серии, при этом композитор избирает одну из них и устанавливает определенную систему высотных связей, которая в тональной музыке определялась бы ладовой структурой мажора или минора. По мнению некоторых специалистов, первое произведение, написанное в одном из вариантов этой техники – «Оркестровая пьеса № 1» Веберна (1913 г.). Метод собственно додекафонии впервые разработан и воплощен Шёнбергом в фортепианной сюите ор.25 в 1921-1923 годах.

Принцип повторяющейся звукогруппы привел к созданию серийно-двенадцатитоновых сочинений, изменив логическую систему композиции. Предшествующая музыка, опиравшаяся на классическую тональность и соответствующие принципы звуковысотной организации и формообразования,

¹³ В качестве примера можно привести композиции Барри Труакса «Wave Edge» и «River Run», концепция которых - взгляд на окружающий мир глазами песчинки на речном дне. Пол Лански реализовал алгоритм трансформации английской и китайской речи (программа генерировала звук, управляемая голосовой интонацией и речевой артикуляцией).

¹⁴ *Арнольд Франц Вальтер Шёнберг* (1874-1951) - австрийский и американский композитор, педагог, музыковед, дирижёр. Крупнейший представитель музыкального экспрессионизма, автор музыкальной техники 12-тоновой *додекафонии*. Метод оказался самым влиятельным для европейской и американской классической музыки XX века. Этот метод, применяемый к высотам музыкальных тонов, а также идея частой смены тональностей, которая привела к появлению политональности и атональности и послужили фундаментом теории сочинения музыки на основе двенадцати тонов (додекафонии). См. Шёнберг А. Основы музыкальной композиции. Пер. с англ. М., 2000, Шёнберг А. О музыке новой и устаревшей. Стиль и идея. // Музыкальная Академия, 1996, № 3-4, с. 248-254. Павлишин С. Арнольд Шёнберг. М., 2001.

постепенно эволюционировала в сторону всё большего усложнения и отступления от этих принципов, пока не пришла к тому, что они утратили силу (свободная атональность). Прежние правила перестали действовать. А новые не сложились в строгую общепринятую систему композиции. Кроме того, свободная атональность в принципе не обеспечивает защиты от слухового ощущения устойчивости. По методу Шёнберга, серия должна состоять из всех 12 звуков октавы и ни один из них не должен повторяться, чтобы ни один из звуков не имел преимуществ перед другими. В составе серии желательно избегать появления терции и квинты, т.к. они создают ощущение тональности соответствующего фрагмента. Совсем недопустимым в структуре серии является трезвучие. При использовании серии в композиции должны пройти все звуки, прежде чем начнется её повторение. Но появление определенного звука до того момента, пока не прозвучали все остальные, должно, с точки зрения основоположников додекафонии, обеспечивать истинную атональность.

Напомним, что атональность или атональная музыка (нем. - *atonale Musik*), в гармонии XX века понятие, относящееся к музыке, не имеющей тональной организации звуков. Если в тональной музыке существует один (реже несколько) звуков или аккордов, являющихся главными; к ним тяготеют все остальные, то основной принцип атональности – полное равноправие всех тонов. Термин применяется к музыке, в которой отсутствует определенный тональный центр и связанные с ним соотношения созвучий. Основным признаком атональности - отсутствие объединяющего соотношения тонов с главным центром лада - *тоники*.

Отсюда - аморфность музыкальной речи, распад структурных функций гармонии, диссонантный уровень звучания и т.п. Принцип звуковысотной организации, выражающийся в отказе (иногда демонстративном) композитора от логики гармонической тональности в истории музыки атональность возникла как результат естественного развития и усложнения тональности за счёт хроматизма, т. н. «побочных доминант» и «блуждающих» двусмысленных и определённых аккордов в музыке Листа, Вагнера, Малера, Мусоргского, Скрябина, Дебюсси, Айвза, Стравинского, Бриттена, Бартока, Онеггера, Прокофьева, Мессиана, и многих других композиторов, склонных к эксперименту.

Главные открытия А. Шёнберга – атональность и додекафония – не утратили своего значения до наших дней. Первая столь быстро распространилась и начала считаться чем-то само собой разумеющимся, что имя её «изобретателя» даже начали забывать. Значимость «свободной» атональности особенно наглядно стала заметна в музыке второй половины XX века, когда в музыке стали обильно использоваться закономерности, основанные на случайности. Свободная атональность позволяла каждому композитору избрать для сочинения музыки, даже для создания каждого отдельного произведения, метод, который не ограничивался ничем, кроме логичности следования звуков или аккордов друг за другом. В этом смысле атональную музыку можно рассматривать как собственно музыкальную алгоритмическую технику, непосредственно предшествующую технологическим процессам звуковой обработки – новым технологиям звука.

К технологиям гранулярного и субтрактивного синтезов примыкает и техника *тембрального морфинга* (англ. - *Timbre Morphing*) представляющего собой «процесс комбинирования, с использованием цифровой процессорной обработки, двух или более звуков различного тембра и длительности в некоторый новый звук с промежуточной длительностью и особым тембром, включающий в себя отдельные черты исходных звуков». Этот процесс отличается от простого перемешивания различных звуков, поскольку создается один звук с новыми свойствами». Для того чтобы такие виды процессорной обработки смогли быть созданы и нашли себе практическое применение, потребовались десятилетия напряженного труда по анализу

процессов восприятия тембра, слуховой маскировки и др., а также по созданию алгоритмов обработки на основе теории нейронных сетей и др.¹⁵.

Компьютерная обработка звуков в данной технологии привела к образованию новых производных, терминологических обозначений - например «морфодер», «морфированный» и др. В 1989 - 1992 годах Г. Хакеном был предложен алгоритм интерполяции звуков в реальном времени в трехмерном пространстве тембров¹⁶. В IRCAM¹⁷ были разработаны алгоритмы для морфинга голоса, когда голосовой тракт описывался в виде цифрового фильтра с зависящими от времени коэффициентами, на вход которого мог подаваться сигнал другого звука, например семпл фагота, при этом получался «говорящий фагот». Эта техника морфирования различных голосов была использована при создании звука к фильму «Кастрат Фаринелли»¹⁸.

Идея о том, что музыка и. в частности – алгоритмическая музыка - это хаос, связанный с фрактальными траекториями - это порядок, но порядок очень сложный, легла в основу музыкального редактора FractMus 2000, созданного Густаво Диасом Хересом, исходившего из того, что музыка это нечто среднее между абсолютно беспорядочным шумом и абсолютно упорядоченной монотонной нотой, это свобода звуков, подчиненная строгим законам гармонии, и наоборот - это комбинирование внутренне упорядоченных звуковых конструкций по прихоти композитора¹⁹, где фрактальные траектории ведут себя очень похоже.

¹⁵ См. работы по тембральному морфингу звука ведущего российского специалиста по акустике и аудиотехнологиям, доктора технических наук И.А. Алдошиной - Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. СПб. 2006. В интернет – ресурсе - <http://rus.625-net.ru/audioproducer/2005/05/theory.htm> и основам психоакустики в интернет – ресурсе - <http://www.forums.mixgalaxy.ru/viewtopic.php?t=30029>

¹⁶ *Хакен Герман* (нем. *Hermann Haken*, род. 12.07.1927 г.) - немецкий физик-теоретик, основатель синергетики. Изучал физику и математику в университетах Галле (1946-1948) и Эрлангена (1948-1950), получив степени доктора философии и доктора естественных наук. С 1960 г. является профессором теоретической физики университета Штутгарта. До ноября 1997 г. был директором Института теоретической физики и синергетики университета Штутгарта. С декабря 1997 г. является почетным профессором и возглавляет Центр синергетики в этом институте, издателем шпрингеровской серии книг по синергетике, в рамках которой к настоящему времени опубликовано уже 69 т.т., а также ведет исследования в Центре по изучению сложных систем в университете Флориды (Бока Рэтон, США)

¹⁷ IRCAM - *Институт исследования и координации акустики и музыки* - исследовательская организация, созданная по поручению Жоржа Помпиду композитором Пьером Булезом для современных музыкальных и музыковедческих исследований. IRCAM - Институт, ассоциированный с Центром Жоржа Помпиду, открылся в 1977. Руководитель Института - Франк Мадлене. Ныне IRCAM мировой научный центр компьютерной музыки и акустики, одна из задач которого - обеспечить музыкантов, композиторов, звукорежиссеров и др. различными моделями синтеза звука, основанными на изучении его тонкой структуры. Итогом работы этого отдела явилось создание таким пакетов программ, как SVP, "AudioSculpt", "Diphone" и др., которые реализуют различные алгоритмы синтеза звуков.

¹⁸ Для полноты и точности классификации отметим, что помимо перечисленных технологий синтеза звука сегодня используются также такие технологии звука как - Direct Draw, Cellular automata, VAST-синтез, Formant synthesis (или синтез по формантам), Mathematical function synthesis (Синтез по математической функции), Physical (mathematical) modelling (Физическое (математическое) моделирование), Spectral synthesis (Спектральный синтез), Vector synthesis (Векторный синтез) Sample playback (Сэмплинг, PCM synthesis, AI2 synthesis), Wavetable synthesis (Таблично-волновой синтез) и др. См. напр. в интернет-ресурсе - <http://www.computerra.ru/blog/music/340318/>. Существуют также много программ, использующих совершенно уникальные методы синтеза музыки, особенно в области физического и математического моделирования звука.

¹⁹ *Густаво Диас Херес* - один из самых выдающихся пианистов своего поколения, лауреат многочисленных международных конкурсов, ученик Хесуса Анхеля Родригеса и Соломона Минковского в школе музыки на Манхэттене в Нью-Йорке. Г. Д. Херес создаёт камерную музыку, сольные концерты для фортепьяно и произведения для фортепьяно с оркестром. Он также является автором компьютерной программы «Фрактмус», сопоставляющей математику и музыку, с помощью которой можно провести математический анализ произведения

Завершая разговор об алгоритмической музыке, следует заметить, что сама по себе идея построения музыкальных алгоритмов стара как мир. Новые технологии в музыке и влияние на музыку новых технологий прослеживается с древнейших времён. Музыка развивалась вместе с развитием средств её исполнения, то есть музыкальных инструментов. Своеобразие современного этапа ее развития видится в том, что главный революционный скачок в развитии мировой музыки произошел вследствие активного вовлечения в творческий процесс создания музыки современных звукозаписывающих и электронных технологий. Мы полагаем, что в достаточной степени обосновали, сформулированное в начале статьи утверждение о том, что *алгоритмическая музыка стала одним из основных направлений и современной электронной музыки и иных типов и форм музыкальных построений*. Если раньше музыкант или композитор был вынужден оперировать уже готовыми, фиксированными тембрами музыкальных инструментов - иногда очень необычных, но остающихся неизменными; то теперь он получил поистине необъятную и невообразимую ранее власть не только над комбинациями уже "готовых" звучаний, но и над самим звуком.

Благодаря современной технике композитор может не только самостоятельно создавать и воспроизводить любой необходимый ему звук, он может менять и трансформировать его по своему желанию, замедлять или ускорять, сжимать или растягивать, и, наконец, разлагать его на элементарные составляющие части. В этом смысле композитор препарировал живой и трепещущий звук подобно ученому-биологу, склонившемуся над микроскопом и постигающему удивительную тайну и совершенство строения живого организма. Как отмечал Я. Ксенакис - *"При помощи электронно-вычислительных машин, композитор становится своего рода пилотом: нажимая кнопки, вводя координаты, и контролируя системы управления космического корабля, движущегося в пространстве звука, пересекающего звуковые созвездия и галактики, о которые раньше можно было только мечтать"*.²⁰ Как олицетворение вышперечисленного, алгоритмическая музыка ломает в этом плане многие шаблоны сочинения и восприятия музыки.

С другой стороны, не секрет, что современная электронная, электроакустическая, акузмати́ческая²¹, компьютерная музыка существует для весьма ограниченного числа ее ценителей. И это далеко не популярная музыка. Делают её в университетах и в специально созданных центрах, оснащенных мощными компьютерами и не менее мощным интеллектуальным потенциалом. Порой на изготовление на суперкомпьютере всего одного часа звука может уйти несколько лет кропотливого труда. Иногда - специально для реализации композиторского замысла - бригада программистов пишет программу, которая должна породить звук с нужными характеристиками или вести себя необычно хитрым образом, а какой при этом получится звук, заранее вообще не ясно. Хорошо известный пример такого рода - пьеса Я. Ксенакиса «S.709» (1994), которая длится всего семь минут.

Группа профессиональных программистов и математиков в течение трёх лет создавали для неё программу GENDY, одновременно заказчик учился ею пользоваться. Проблема состоит в том, чтобы дать композитору адекватный инструмент для воздействия на процесс генерации звука. Не секрет, что генерировать случайные числа,

²⁰ Цит. по – Андрей Смирнов Компьютерная музыка. Лекции А. Смирнова в интернет – ресурсе - <http://asmir.info/lib/compmus.htm>

²¹ Специфика композиций, созданных в жанре *акузмати́ческой музыки* создаются и записываются в студии, причем, периоды создания композиции разнесены по времени. Такие произведения никогда не играют перед публикой «в живую», их исполнение возможно лишь в записанном виде и, как правило, через акустическую систему высочайшего класса. Это музыка, предназначенная только для прослушивания. Родоначальник этого направления в музыке - Францис Дюмон (род. в Париже 2.11.1926). Как и алгоритмическая музыка акузмати́ческая, компьютерная музыка - это далеко не популярная музыка, существующая для весьма ограниченного круга ценителей

случайные ноты, случайные звуки со случайными тембрами - это довольно несложная и малоинтересная задача. Сложно придумать, как управлять степенью случайности. Идея Ксенакиса состояла в том, что моделью может служить шарик, прыгающий между двумя эластичными стенками, каждая из которых тоже постепенно начинает колебаться с собственной частотой (приблизительная модель «обычной» музыки, точнее говоря, волнового процесса, лежащего в её основе, - это маятник, порождающие синусоидальные колебания). Модель с шариком и двумя стенками - наглядная, хорошо известная, но не очень элементарная в математическом смысле модель. Следовательно, ее достаточно сложно просчитать и применить.

На основе существенным образом расширенных в последние десятилетия технических технологических возможностей, связанных с электронной техникой, композиторы смогли освоить практически весь мир звуков, существующих как в природе, так и в их воображении. Более того, в сущности, были даны ответы на вопросы – из чего состоит звук? Чем музыкальный тембр отличается от шума? Можно ли заставить звучать шумы и создавать из них музыку? Как следствие, можно сказать, что грань между "обыденным" звуком и звучанием классического музыкального инструмента почти исчезла. Можно записать звук упавшей в лужу дождевой капли, разложить его по нотам и сыграть свою любимую мелодию на дождевых каплях.

С помощью современных генераторов мелодий можно сгенерировать - Музыку дождя, Музыку водопада, Музыку бури, Музыку волн или морского прибоя. Окружающий нас мир полон звуков, и любой из них может по желанию композитора превратиться в Музыку. И то, в какую форму она облечется - европейской сонатной классики, джазовой импровизации или медитативной индийской раги – зависит сегодня только от его выбора. По существу, на наш взгляд, на стыке XX-XXI в.в., как то не слишком явно, без кричащих манифестов и широкой музыкальной экспансии - родилась "музыкальная классика XXI века" - современная электронная, алгоритмическая электроакустическая музыка, строящаяся на фундаменте современных технологий и алгоритмов, объединяющая в себе весь огромный мир звука с самыми современными находками не только в областях гармонии и композиции, импровизации и экзотических музыкальных культур, но и в области компьютерных алгоритмических построений.

Поэтому в заключении мы считаем возможным процитировать, как нам представляется, чрезвычайно емкое и точное суждение относительно эволюции музыки Абраама Моля, - «Можно сказать, что эволюция музыки происходит в направлении последовательного нарушения сформулированных ранее правил, однако не существует искусства, не подчиняющегося никаким ограничениям ... Полная свобода от ограничений осуществляется только при случайном выборе, и слово «создавать», означает то же, что бороться со случайностью. Любое искусство точно определяется совокупностью правил, которым оно подчиняется ... Сказанное можно резюмировать следующим образом – те законы, которые последовательно нарушались в экзотической, примитивной, современной и экспериментальной музыке так, что при этом ценность этой музыки не разрушалась, не являются истинными законами музыкальных структур. Их принципы не составляют истинного фундамента искусства Должны существовать другие законы, еще более глубокие, фундаментальные и всеобщие, которым подчиняется структура временных видов искусства»³⁵.

ЛИТЕРАТУРА –

1. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. СПб., 2006.
2. Булез П. Музыкальное время *Homo musicus*: Альманах психологии. М., 1995.

³⁵ А. Моль Теория информации и эстетическое восприятие. М., 1958. С. 114.

3. Булучевский Ю., Фомин В. Краткий музыкальный словарь. М., 2005.
4. Денисов Э. В. Современная музыка и проблемы эволюции композиторской техники. М., 1986.
5. Дубов М. Янис Ксенакис: в век техники к новой эстетике// Музыкальная жизнь. 1999, № 1
6. Зарипов Р.Х., Об алгоритмическом описании процесса сочинения музыки// Доклады Академии наук СССР, Т. 132, № 6, 1960, С. 1283-1286 .
7. Зарипов Р.Х., Кибернетика и музыка, Изд-во "Знание", М., 1963 .
8. Зарипов Р.Х., О моделировании мелодий заданного стиля на цифровых вычислительных машинах, // "Проблемы кибернетики". Вып. 15, 1965, С. 157-200.
9. Зарипов Р.Х., Решение задач по гармонии и анализ гармонизации на цифровой вычислительной машине.// Проблемы кибернетики. Вып. 18., 1967, С. 91-128.
10. Кон Ю. Г. О теоретической концепции Я. Ксенакаса // Кризис бурж. культуры и музыка. М., 1976.
11. Кон Ю. Об одном свойстве вертикали в атональной музыке. // Музыка и современность. Вып. 7, М., 1971, С. 294-318.
12. Кон Ю. Пьер Булез как теоретик // Кризис буржуазной культуры и музыка. Вып. 4. М., 1983.
13. Ксенакис Я. Беседы Номо musicus: Альманах музыкальной психологии. М., 1994.
14. Ксенакис Я. Музыка и наука //Курьер ЮНЕСКО. 1986, №.5.
15. Лосев А. Ф. Музыка как предмет логики // Лосев А.Ф. Из ранних произведений. М., 1990.
16. Музыка и математика. Зальцбург. Беседы о музыке. М., 1994.
17. Нейгебауэр О. Точные науки в древности. М., 1968.
18. Петрусёва Н. Пьер Булез. Эстетика и техника музыкальной композиции. М., Пермь, 2002.
19. Пьер Булез. Ориентиры I, Воображать. Избранные статьи. Пер. с франц. М., 2004.
20. Феррапонтова Е. Янис Ксенакис: через авангард к античности Музыкальная академия. 2007, №2.
21. Шенберг А. Стиль и мысль. Статьи и материалы. М., 2006.
22. Штокхаузен К. Структура и время переживания Номо musicus: Альманах музыкальной психологии. М., 1995.
23. Яглом И. М. Математика и реальный мир. М., 1978.