

Горбунова Ирина Борисовна

доктор педагогических наук, профессор,
профессор кафедры информатизации образования,
главный научный сотрудник учебно-методической
лаборатории «Музыкально-компьютерные технологии»
Российского государственного педагогического
университета им. А.И. Герцена

Белов Геннадий Григорьевич

кандидат искусствоведения, профессор,
профессор кафедры теории музыки
Санкт-Петербургской государственной
консерватории им. Н.А. Римского-Корсакова,
старший научный сотрудник учебно-методической
лаборатории «Музыкально-компьютерные технологии»
Российского государственного педагогического
университета им. А.И. Герцена

КИБЕРНЕТИКА И МУЗЫКА: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Аннотация:

Механизировать и автоматизировать процессы создания и исполнения музыки – идея, уходящая корнями в далекое прошлое. В традиционном композиторском ремесле (в приемах повторности, имитационно-контрапунктической полифонической технике и функционально-гармоническом мышлении) уже есть зачатки механистического восприятия элементов музыкального искусства. Статья посвящена рассмотрению основных аспектов проблемы, которой занимаются современные искусствоведы и культурологи, – найти зависимость между структурой музыки и ее воздействием на эмоциональное состояние слушателя и проанализировать возможности современных компьютерных технологий в процессе взаимопроникновения и взаимовлияния компьютерных наук и музыкального творчества.

Ключевые слова:

электронный музыкальный инструмент, музыкально-компьютерные технологии, информационные технологии в музыке, музыкальное творчество, музыкальная культура, кибернетика.

Gorbunova Irina Borisovna

D.Phil. in Education Science,
Professor, Informatization of Education Department,
Chief Research Associate,
Academic Laboratory
“Music and Computer Technologies”,
Herzen State Pedagogical University of Russia

Belov Gennady Grigoryevich

PhD in Art History,
Professor, Music Theory Department,
Rimsky-Korsakov State Conservatory of St. Petersburg,
Senior Research Associate,
Academic Laboratory
“Music and Computer Technologies”,
Herzen State Pedagogical University of Russia

CYBERNETICS AND MUSIC: PROBLEM STATEMENT

Summary:

The idea to mechanize and automate the processes of creating and playing music has roots stretching back into the distant past. The traditional composers' craft (techniques of repetition, imitation and contrapuntal technique and polyphonic functional harmonic thinking) has the dawning of mechanistic perception of elements of musical art. The article discusses the main aspects of the problem, the modern arts critics and culture experts are dealing with, which is to find the dependence between the structure of music and its impact on the emotional state of a listener and to analyse resources of the modern computer technology in the process of interpenetration and interaction of computer science and musical art.

Keywords:

electronic musical instrument, computer music technologies, information technology in music, musical art, musical culture, cybernetics.

Понимая, что способности, талант ученика остаются главной гарантией его продуктивного воспитания, а художественное восприятие мира, живая, подвижная реакция на традиции и новаторство в искусстве определяют становление его собственного оригинального стиля, можно с уверенностью сказать, что компьютерные технологии в данном процессе не помеха, а скорее друг и помощник.

Одновременно с техническим прогрессом происходила эволюция мыслительного фактора, стимулом которой служила любознательность человека, заинтересованного в познании сущностей материального мира, «механизмов» тех или иных явлений. Античные философы, музыканты, теоретики, математики открыли для себя натуральную гамму (обертоновый звукоряд) и мелодические лады (ионийский, дорийский, фригийский и т. д.), своим звучанием воздействующие на различные настроения человека, его психологическое состояние и поведение. Эти открытия повлияли на точность настройки струн у лиры и кифары, расположение необходимых отверстий для мелодичной игры на духовых инструментах, их внешний вид.

Однажды человек захотел освободить себя от излишнего напряжения связок при громком пении (чтобы, как правило, или приветствовать победителей, или устрашать врагов) и изобрел трубу, а затем и другие духовые инструменты. Инженерная мысль способствовала развитию знаний об

акустике. Постройки античных театров учитывали возможность не только удержания естественной силы звучания в ограниченном пространстве, но и его направления на зрительный зал. Так издревле постепенно накапливались важные знания по теории музыки для пения, изготовления музыкальных инструментов, изобретения и совершенствования приемов и способов игры на них, строительства храмов, которые предназначались для исполнения в них музыкальных произведений [1].

Талантливые музыканты нередко интуитивно постигают закономерности и красоту гениальной музыки предшествующих эпох как нечто дарованное свыше, но чаще – вдумчиво изучая правила голосоведения, гармонии, полифонии, формообразования, инструментовки и исполнительского искусства. Они тоже, безусловно, вырабатывались веками. Говорят, что Моцарт мог в один миг представить в своем сознании как бы уже воплощенным замысел новой оперы, симфонии, а дальше он только уточнял в письменном виде его параметры и выполнял техническую работу при изготовлении партитуры. В это можно поверить, потому что такие гении, как Бах, Чайковский, Шостакович, мыслили, «разговаривали» с людьми музыкой, эмоционально, с живой страстью откликнулись на волнующие события своего и общественного бытия.

Изобретение и создание механизмов, заменяющих действия человека по управлению ими, стали шагом к технологиям, которые сегодня называются кибернетикой. Так, заведенная пружина в часовом механизме, применяемая и в разнообразных музыкальных шкатулках, и в башенных курантах, и в детских (и взрослых) игрушках, и в патефоне, будучи использованной в цепи событий, определяющих ее воздействие на продуманную изобретателями последовательность активных преобразований механической энергии, – тоже послужила приближению века кибернетики. Мы также уповаем на кибернетику как на механизм, способный предотвратить психологически непредвиденный (человеческий фактор!) сбой в мощном устройстве.

Так что же такое кибернетика и что ждать от нее музыкантам? Словари дают следующую трактовку этого термина: кибернетика – это наука об управлении сложными системами с обратной связью. Она возникла на стыке математики, техники и нейрофизиологии, ее интересовал целый класс систем, как живых, так и неживых, в которых существовал механизм обратной связи. Основателем кибернетики по праву считается американский математик Н. Винер, выпустивший в 1948 г. книгу, которая называлась «Кибернетика, или Управление и связь в живых организмах и машинах». В Древней Греции кибернетикой называли учение о кораблевождении: «кибернетес» означает 'рулевой', 'кормчий'. Реальное становление кибернетики как науки произошло много позже. Оно было предопределено развитием технических средств управления и преобразования информации. В Средние века в Европе стали изготавливать так называемые андронды – человекоподобные игрушки, представляющие собой механические, программно управляемые устройства. Но решающее значение для становления кибернетики имело создание в 40-х гг. XX в. электронных вычислительных машин – ЭВМ, или компьютеров. Благодаря ЭВМ возникли принципиально новые возможности для исследования и фактического создания действительно сложных управляющих систем.

В 1980–1990-е гг. термин «кибернетика» был частично вытеснен термином «информатика», имеющим отношение прежде всего к компьютерам и обработке информации. В настоящее время слово «кибернетика» вновь стало актуальным в связи с развитием Интернета (киберпространство) и робототехники (киборг – устройство с высокой степенью физического и интеллектуального взаимодействия человека и технических средств автоматизации). В недоступных или опасных для жизни человека условиях роботы-манипуляторы («киборги») широко используются для воздействия на объект.

Поскольку основным материальным элементом музыки является звук и физико-акустические условия его применения, непреходящими факторами его преобразований в современных механических устройствах служат как многовековая наука о звуке, так и прогресс в создании более совершенных механизмов, которые формируют современные звучания [2; 3; 4]. Сегодня мы различаем акустические и электронные звуки и звучания. Звуки, которые возникают благодаря определенному числу колебаний физических тел и создают в воздушном пространстве каждый свою звуковую волну, относятся к акустическим. Колебания горловых связок в живых организмах (человека, животных, птиц), вибрация тростей и губ в соприкосновении с мундштуком в духовых инструментах, колебания струн у струнных и клавишных и «самозвучные» колебания в многочисленных ударных инструментах – все это привычные звуки, которые в нашем сознании способны рождать представления о возможностях создания традиционной акустической музыки. Будем считать, что музыка – это особым образом художественно и логически организованный комплекс звуков, воздействующий на психологию человека (и не только).

Звуки, возникшие как вибрационные модуляции в электрогенераторах, затем получившие обработку различными приборами преобразований этих звуковых колебаний, создают электронную природу звучаний [5; 6; 7; 8]. Русский музыкант и инженер Л.С. Термен создал в 20-х гг. XX в.

электронный инструмент с уникальными возможностями – терменвокс. (Позже, в 1960-е гг., московским инженером Е.А. Мурзиным был изобретен синтезатор «АНС», на пластинках которого вычерчивали графики своей электронной музыки авангардные композиторы столицы.) Но также и специфическая электронная обработка электроаппаратами акустических звуков (и голоса, и струнных, и духовых) теперь тоже уже воспринимается как электронное звучание, непохожее на привычные тембры, как иные звуки с характерным искусственным колоритом. Звучание гавайской гитары, других струнных и щипковых инструментов, подключенных к таким звуковым электроприборам, которые не столько динамически усиливают, сколько заметно изменяют акустически привычный тембр традиционного инструментария, можно отнести к электронной группе.

Пути механического копирования звучащей музыки и последующего воспроизведения копий тоже приближают эпоху кибернетики в музыкальном искусстве. Сначала – фонограф, где восковые валики фиксировали уловленные большим рупором звуковые волны, исходящие от музицирующих музыкантов или оратора (так были записаны голоса выдающихся людей на рубеже XIX–XX вв.). Затем эти же валики участвовали в озвучивании (тоже через громадный рупор) тех звуковых бороздок, которые автоматически были «прорисованы» на них при записи. Это был механический процесс без участия электрических преобразователей звука, поначалу и без электрических машин, приводящих в движение восковые валики. Позже было налажено фабричное производство пластинок (из особой угольной массы), которые многократно тиражировали записи на валиках. Граммофоны и патефоны, металлические пружины которых приводились в движение с помощью рукоятки, озвучивали вращающиеся диски.

Начиная с 30-х гг. XX в. стала совершенствоваться техника записи звука через микрофон на магнитную ленту, и долгое время такой вид сохранения и повторного многократного воспроизведения этих записей, целиком связанный с радиоэлектроникой, оставался уделом мощных профессиональных студий (заводов и фабрик) звукозаписи. Безусловно, данная техника не подменяла живого исполнения музыки (и других звучаний) при записи на электронные носители, но сама возможность механического воспроизведения магнитофонной записи по радио из студии в любое время приближала момент объединения музыки и кибернетики. Благодаря радиотрансляциям музыки и грампластинкам миллионы людей в нашей стране узнавали больше образцов «новой музыки», которая скоро стала более распространенной, чем известные до того, передаваемые из уст в уста мелодии местных народных песен. Следующий этап уже близился со всей очевидностью: это бытовые магнитофоны, аналоговые музыкальные синтезаторы, а затем и персональные компьютеры с многообразием музыкального программирования [9; 10; 11].

Еще в Средневековье в Западной Европе существовали и другие способы сочинения и управления исполнением музыки, учитывавшие возможность применения более экономных форм этого процесса. В традиционном композиторском ремесле мастеров строгого стиля (приемах остинатности и секвенций, имитационно-контрапунктической полифонической технике и мелодико-гармоническом кадансировании) уже есть зачатки механистически повторного воспроизведения элементов музыкального искусства. Вспомним, что создатели хоровых партитур еще в XV в. придумали хитроумные способы сокращения зрительно в чем-то повторяющихся партий в полифонии: их «загадочные каноны» вызывали восторг исполнителей, распеваящих, глядя всего на одну строчку-монодию, многоголосную сложноорганизованную фактуру, состоящую порой из политональных, полиритмических и политембровых сочетаний голосов. А разве цифрованный бас в аккомпанементе – не средство сэкономить бумагу и время на ее заполнение? В компьютерных автоаранжировщиках (таких как Band-in-a-Box) почти «дословно» унаследованы эти буквенно-цифровые методы записи аккордов.

Вполне отчетливые очертания идея «автоматического» сочинения музыки [12] приобрела в XVII в. Немецкий ученый, теоретик музыки А. Кирхер изложил идею комбинирования последовательностей звуков, записанных на четырехгранных линейках, каждая из которых воплощала некоторые правила композиции (Kircher A. Musurgia Universalis). Это был первый проект машины для сочинения музыки под названием «музаритмический ковчег», в котором небольшие последовательности нот «программировались» для исполнения на вращающемся барабане, открываясь «пользователю» согласно заложенной в него «программе», содержащей принятые тогда правила композиции и гармонии. Такой инструмент является прообразом пневматического синтезатора с автоаккомпанементом. А Кирхер высказал также идею «визуализации» музыки, или цветомузыки [13; 14; 15]. «Свет – обезьяна звука», – провозгласил изобретатель. Он опирался в своих опытах с проекционным аппаратом на знаменитую концепцию И. Ньютона о подобии светового спектра и музыкальной гаммы (Мемуар И. Ньютона «Трактат о наблюдениях». 1704).

Одним из первых предшественников применения «кибернетики» в музыке считается А. Сальери. По его собственным словам, разработанный им еще в XVIII в. метод исследования музыки

математическими средствами сводится к синтезированию музыки на основе закономерностей, полученных на этапе анализа композиций. Известны «механические опыты» с созданием «автоматических музыкальных композиций» Г.Ф. Генделя, К.Ф.Э. Баха, Й. Гайдна и др. Многие публикации такого же рода связаны с именем В.А. Моцарта. По свидетельству современников, Моцарт обстоятельно изучал возможности «автоматических музыкальных композиций»: в 1793 г. было издано приписанное ему «Руководство, как при помощи двух игральные кости сочинять вальсы в любом количестве...». Композитора интересовали интеллектуальные «игры-головоломки», и он с их помощью сочинял менуэты, рондо, вальсы. Моцарт обстоятельно изучает и исследует возможности «автоматических композиций» [16], как, впрочем, и многие другие композиторы того времени.

В XVIII в. появился первый «секвенсер» – шарманка. «Мелодии» и «аккомпанемент» с помощью специальных спинок наносились на валик, который при вращении открывал доступ к нужным трубам. «Музыканту оставалось только нажать на Play, то есть начать крутить ручку, и записанная на валике музыка начинала звучать. Вот с каких времен пошла традиция выступать под фонограмму “минус один”!» [17, с. 5]. Наконец, в конце XIX в. появились оркестрионы (многотемброво звучащие механизмы величиной в полкомнаты), пианолы, молоточковый механизм которых приводился в действие движением перфоленты (как в первых ЭВМ).

Сократил дистанцию между акустической и электронной спецификой создания и звучания музыкальных жанров период магнитофонной и конкретной музыки (60–90-е гг. XX в.). Вспоминается визит в СССР американского композитора (русского происхождения) В. Усачевского. В красной гостиной ленинградского Дома композиторов он в 1962 г. демонстрировал свои музыкальные композиции, выполненные методом монтажа на магнитофонной ленте. Необычностью звучания, образного содержания, профессиональным совершенством эти композиции вызвали восторг присутствующих. В. Усачевский пояснил, что подобных звуковых эффектов он добивается прежде всего «сочинением», а точнее, созданием самих звуков: здесь, например, можно услышать реверс звучания тамтама, где предварительно на пленке отрезан сам момент удара *fff* по инструменту мягким набалдашником палки, а звучит лишь затухающий звон до полной тишины, затем это звучание переписано на другую ленту в обратном порядке (от тишины – к фортиссимо). В магнитофонной композиции можно также услышать препарированные электрогенераторами звуки самого неожиданного происхождения: от шума городских улиц, бурного моря, орудийной и оружейной стрельбы, пения, крика до шороха сухой листвы, урчания голубей, лепета младенца, то есть подлинные или трансформированные конкретные звуки окружающего мира. Московский композитор Ш. Каллош в стиле «конкретной музыки» сочинил несколько балетных «партитур», успешно сопровождавших современную хореографию. В минимальный перечень стандартной звуковой карты, которой и поныне снабжаются бытовые синтезаторы и компьютеры, заложена последняя 16-я группа звуков (из 8 патчей), призванная озвучить шумовые эффекты.

С 90-х гг. прошлого века профессионалы и любители создавали на многочисленных CD и DVD огромные фонотеки аналоговых и цифровых семплов с фонограммами, где были фрагментарно записаны как инструменты Страдивари, лучшие Стейнвеи, так и природные звуки и фольклорные образцы музыки порой самого экзотического происхождения.

Совершенно новый вид творчества для музыкантов открыл в 1982 г. набор компьютерных программ, который был обусловлен форматом MIDI. Международным договором был введен ряд новых файловых форматов, язык MIDI-сообщений, жестко закреплены за определенными номерами наиболее «ходовые» конкретные тембры (обязательный минимум General MIDI: от 1 до 128) и многое другое. С этого времени стало возможным в любую точку мира в предельно экономной форме выслать виртуальную партитуру любой протяженности в виде MIDI-сообщения.

Музыкальный компьютер (МК) [18; 19] сегодня способен выполнять функции высокоточного цифрового магнитофона, записывая любые виды исполнения музыки через микрофон (микшерский пульт) на жесткий диск, а также переписывать любые фонограммы. Существует ряд универсальных форматов таких записей: wav, mp3, wma, aiff, au и др., и есть компьютерные программы, которые помогают мастеру редактировать монтажное сведение многодорожечной фонограммы в этих форматах, добиваясь существенных преобразований в итоговом звучании. МК, снабженный непримитивной звуковой картой (возможно даже со свойствами изысканно-полнозвучного тембрового наполнения патчей), с набором разнообразных музыкально-редакторских программ [20; 21] сам становился довольно совершенным музыкальным инструментом [22], для которого уже необязательна связь с MIDI-клавиатурой синтезатора. Но и современный синтезатор – электронный музыкальный инструмент (ЭМИ) [23; 24] – с его подробными отчетами на электронном дисплее и встроенными автоаранжировочными возможностями вполне можно уподобить МК. Наконец, наступила пора создания тех самых музыкальных «киборгов», которые рождаются на свет из электронно-генераторной звуковой «пробирки», где звучания создаются не пением, не

игрой на музыкальных инструментах, не трансформацией студийных и концертных записей выдающихся исполнителей, а «колдовством с нуля» одного специалиста, работающего с МК [25]. Говорят, что И.С. Баху принадлежит высказывание, что играть на органе или клавишине довольно просто: нужно лишь в нужное время нажать нужную клавишу. И в ЭМИ, и в МК сегодня могут быть сосредоточены огромнейшие возможности для творческой индивидуальности музыканта (не говорим здесь о популярных программах аранжировочных «самоиграек» и Wave-конструкторов, которые предоставляют любителям немалое число жанровых вариантов обработки или складывания несложных мелодий и фактурного к ним окружения) [26; 27]. Для профессиональных художников звука в основном существуют два пути реализации замыслов:

1. От подробнейшей нотной партитуры, выполненной в последних версиях программ Finale или Sibelius, к ее последующему (через конверсию в MIDI-файл) озвучиванию в аранжировочных редакторах Cubase, Sonar, Nuende и др., где уточняются тонкие исполнительские детали произведения, когда еще можно при необходимости поменять сам инструмент (патч), исполняющий ту или иную партию, изменить мелодическую линию, созвучие, ритмическую фигуру, динамический баланс в ансамбле. Когда такая редактура закончена, файл произведения можно подвергнуть обработке в «волновых» редакторах (Sound Forge, Wave Lab, Cool Edit PRO и др.), чтобы придать ему определенную пространственную характеристику (звучит ли он на пленэре, в оперном театре или в маленьком помещении), представить его (допустим) в пародийно-искаженном контексте, возможно, добавить вставки другой музыки, паузы и пр. Конечный результат сохраняется, как правило, в форматах wave, mp3 и отправляется в пространство интернета [28; 29; 30]. На любой стадии работы с данным файлом вполне допустимо обмениваться промежуточными результатами с коллегами, находящимися в какой-либо иной точке Земли.

2. Другой путь создания электронной композиции начинается сразу с сочинения музыки в вышеупомянутых аранжировочных редакторах [31; 32; 33; 34] и далее проходит через стадию звуко-волнового редактирования, а в самом конце, если необходимо, оформляется в виде нотного текста. Чаще всего такой необходимости не возникает: ведь музыка ценна звучанием, а не графическим отображением. При активном развитии музыкально-компьютерных технологий в музыкальном творчестве [35; 36; 37; 38] все эти процессы взаимообогащаются и объединяются.

Причем же здесь кибернетика? Когда музыкант работает с МКТ, когда оба музыкальных инструмента XXI в. – МК или ЭМИ – «напичканы» новейшими программными устройствами и готовы откликнуться на любое художественное или технологическое предложение композитора, обращенное к машине, и даже порой выдать свое непредсказуемое решение – это ли не взаимодействие живой системы (человека) и неживой (МК), где последовательностью команд и их исполнением при детальном озвучивании файла руководит уже сложная компьютерная программа? Таковы реалии нашего времени. Но прогресс неисчерпаем, и мы вправе ждать новых этапов взаимоотношений музыкантов с МК на основе развития кибернетики как науки.

Ссылки:

1. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 2: Музыкальный синтезатор : учеб. пособие. СПб., 2010. 205 с.
2. Там же.
3. Горбунова И.Б. Музыкальный звук : монография. СПб., 2006. 165 с.
4. Горбунова И.Б. Архитектура звука : монография. СПб., 2014. 125 с.
5. Горбунова И.Б. Музыкальный звук: методические аспекты толкования // Общество: социология, психология, педагогика. 2016. № 4. С. 95–100.
6. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке и комплексная модель ее семантического пространства // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки. 2014. № 4 (208). С. 152–161.
7. Новые художественные миры. Интервью профессора им. А.И. Герцена И.Б. Горбуновой // Музыка в школе. 2010. № 4. С. 11–14.
8. Горбунова И.Б. “Эстетика: информационный подход” Ю. Рагса: актуальное значение и перспективы // Теория и практика общественного развития. 2015. № 2. С. 86–90.
9. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Компьютерная музыка как одно из проявлений современного этапа экспериментальной эстетики и теоретического музыкознания // Научное мнение. 2014. № 12 (1). С. 113–120.
10. Горбунова И.Б., Кибиткина Э.В., Заливадный М.С. Музыкальное программирование : учеб. пособие. СПб., 2012. 175 с.
11. Горбунова И.Б. Музыкальное программирование, или Программирование музыки и музыкально-компьютерные технологии // Теория и практика общественного развития. 2015. № 7. С. 213–218.
12. Горбунова И.Б. Компьютерные науки и музыкально-компьютерные технологии в образовании // Там же. № 12. С. 428–432.
13. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии и аудиовизуальный синтез: актуальное значение и перспективы развития // Там же. 2014. № 19. С. 162–168.
14. Горбунова И.Б. Аудиовизуальный синтез: история, современное состояние, перспективное значение для музыкальной теории и практики // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 6. С. 152–161.
15. Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Товпич И.О. Аудиовизуальный синтез: опыт музыкально-теоретического рассмотрения проблем // Казанский педагогический журнал. 2015. № 6-1 (113). С. 162–175.

16. Горбунова И.Б. «Автоматические композиции» как предшественники применения кибернетики в музыке // Общество: философия, история, культура. 2016. № 9. С. 97–101.
17. Живайкин П. Электромзыкальные инструменты. Прообразы и предвестники // Музыка и электроника. 2004. № 1. С. 4–6.
18. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер : монография. СПб., 2007. 399 с.
19. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер как новый инструмент педагога-музыканта в Школе цифрового века // Теория и практика общественного развития. 2015. № 11. С. 254–257.
20. Горбунова И.Б. Информационные технологии в современном музыкальном образовании // Современное музыкальное образование – 2011 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2011. С. 30–34.
21. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке и музыкальном образовании // Региональная информатика РИ – 2014 (Санкт-Петербург, 29-31 окт. 2014 г.) : материалы конф. СПб., 2014. С. 320–322.
22. Белов Г.Г., Горбунова И.Б. Новый инструмент музыканта // Общество: философия, история, культура. 2015. № 6. С. 135–139.
23. Горбунова И.Б. Электронные музыкальные инструменты: к проблеме становления исполнительского мастерства // Теория и практика общественного развития. 2015. № 22. С. 233–240.
24. Горбунова И.Б., Давлетова К.Б. Электронные музыкальные инструменты в системе общего музыкального образования // Там же. № 12. С. 411–415.
25. Белов Г.Г., Горбунова И.Б., Горельченко А.В. Музыкальный компьютер (новый инструмент музыканта) : учеб. пособие для 10–11-х классов общеобразоват. учреждений. СПб., 2006. 212 с.
26. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии и Digital Humanities // Современное музыкальное образование – 2015 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2015. С. 29–34.
27. Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Хайнер Е. Музыкально-компьютерные технологии как информационно-трансляционная система в Школе цифрового века // Вестник Орловского государственного университета. Серия: Новые гуманитарные исследования. 2014. № 4 (39). С. 99–104.
28. Горбунова И.Б. Музыкальное образование в цифровом пространстве // Общество: социология, психология, педагогика. 2016. № 1. С. 69–73.
29. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерная музыка. Т. 1: Компьютерное музыкальное творчество : учеб. пособие. СПб., 2013. 190 с.
30. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в образовании педагога-музыканта // Современное музыкальное образование – 2014 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2014. С. 32–38.
31. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерное музыкальное творчество. Теория и практика : учеб. пособие. Саарбрюккен, 2014. 125 с.
32. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Указ. соч.
33. Горбунова И.Б., Панкова А.А., Родионов П.Д. Компьютерная музыка. Т. 2: Лаборатория звука : учеб. пособие. СПб., 2016. 205 с.
34. Горбунова И.Б., Панкова А.А., Родионов П.Д. Digital audio workstation. Теория и практика : учеб. пособие. Саарбрюккен, 2016. 123 с.
35. Горбунова И.Б. Феномен музыкально-компьютерных технологий как новая образовательная творческая среда // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2004. № 4 (9). С. 123–138.
36. Беличенко В.В., Горбунова И.Б. Феномен музыкально-компьютерных технологий в обучении информатике музыканта (в условиях перехода на новые образовательные стандарты) : монография. СПб., 2012. 220 с.
37. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в подготовке педагога-музыканта // Проблемы музыкальной науки. 2014. № 3 (16). С. 5–10.
38. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в перспективе Digital Humanities // Общество: философия, история, культура. 2015. № 3. С. 44–47.

References:

- Belichenko, VV & Gorbunova, IB 2012, *The phenomenon of music and computer technology in teaching computer musician (in the transition to new educational standards): monograph*, St. Petersburg, 220 p., (in Russian).
- Belov, GG & Gorbunova, IB 2015, 'The new instrument of musician', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 6, pp. 135-139, (in Russian).
- Belov, GG, Gorbunova, IB & Gorelchenko, AV 2006, *Musical computer (new musician tool): study guide*, St. Petersburg, 212 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB 2004, 'Phenomenon of music and computer technology as a new educational creative environment', *Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*, no. 4 (9), pp. 123-138, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2006, *Musical sound: monograph*, St. Petersburg, 165 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB 2007, *Musical computer: monograph*, St. Petersburg, 399 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB 2010, *Information technologies in music. Vol. 2: Music synthesizer: study guide*, St. Petersburg, 205 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB 2011, 'Information technology in the modern music education', *Sovremennoe muzykal'noe obrazovanie: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 30-34, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014a, *Architectonic of Sound: monograph*, St. Petersburg, 125 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014b, 'Audiovisual synthesis: the history, current status and prospective value to musical theory and practice', *Mir nauki, kultury, obrazovaniya*, no. 6, pp. 152-161, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014c, 'Information technology in music and a comprehensive model of its semantic space', *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Gumanitarnye i obshchestvennyye nauki*, no. 4 (208), pp. 152-161, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014d, 'Information technology in music and music education', *Regional'naya informatika RI – 2014 (Sankt-Peterburg, 29-31 okt. 2014 g.): materialy konf.*, St. Petersburg, pp. 320-322, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014e, 'Music and computer technology and audiovisual synthesis: relevance and prospects of development', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 19, pp. 162-168, (in Russian).

- Gorbunova, IB 2014f, 'Music and computer technology in education of the teacher-musician', *Sovremennoe muzykal'noe obrazovanie – 2014: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 32-38, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014g, 'Music and computer technology in the preparation of the teacher-musician', *Problemy muzykal'noy nauki*, no. 3 (16), pp. 5-10, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015a, "Aesthetics: information approach" of J. Rags: relevance and prospects', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 2, pp. 86-90, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015b, 'Computer science and music and computer technology in education', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 12, pp. 428-432, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015c, 'Electronic musical instruments: concerning development of performance mastery', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 22, pp. 233-240, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015d, 'Music and computer technology and Digital Humanities', *Sovremennoe muzykal'noe obrazovanie: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 29-34, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015e, 'Music and computer technology in the context of Digital Humanities', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 3, pp. 44-47, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015f, 'Musical computer as a new tool of teaching musicians at the digital age school', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 11, pp. 254-257, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015g, 'Musical programming or programming of music and musical computer technologies', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 7, pp. 213-218, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2016a, "Automatic composition" as precursors to the use of cybernetics in the music', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 9, pp. 97-101, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2016b, 'Music education and the digital environment', *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*, no. 1, pp. 69-73, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2016c, 'Musical sound: methodological aspects of interpretation', *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*, no. 4, pp. 95-100, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Davletova, KB 2015, 'Electronic musical instruments in the general music education', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 12, pp. 411-415, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013, *Computer music. Vol. 1: The computer musical creativity: study guide*, St. Petersburg, p. 190, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Pankova, AA 2014, *Computer musical art. Theory and practice: study guide*, Saarbrücken, p. 125, (in Russian).
- Gorbunova, IB, Pankova, AA & Rodionov, PD 2016a, *Computer music. Vol. 2: Sound laboratory: study guide*, St. Petersburg, p. 205, (in Russian).
- Gorbunova, IB, Pankova, AA & Rodionov, PD 2016b, *Digital audio workstation. Theory and practice: study guide*, Saarbrücken, p. 123, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014, 'Computer music as one of the manifestations of the current stage of experimental aesthetics and theoretical musicology', *Nauchnoe mnenie*, no. 12 (1), pp. 113-120, (in Russian).
- Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Hainer, E 2014, 'Music and computer technology as an information and broadcast delivery system at the School of the digital age', *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Novye gumanitarnye issledovaniya.*, no. 4 (39), pp. 99-104, (in Russian).
- Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Kibitkina, EV 2012, *Musical programming: study guide*, St. Petersburg, 175 p., (in Russian).
- Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Tovpich, IO 2015, 'Audiovisual synthesis: the experience of music-theoretical analysis of the problems', *Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal*, no. 6-1 (113), pp. 162-175, (in Russian).
- 'The new artistic worlds. Interview with AI Herzen University Professor IB Gorbunova' 2010, *Musyka v shkole*, no. 4, pp. 11-14, (in Russian).
- Zhivaikin, P 2004, 'Electronic musical instruments. Prototypes and precursors', *Musyka I elektronika*, no. 1, pp. 4-6, (in Russian).