

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

МУЗЫКАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ИЛИ ПРОГРАММИРОВАНИЕ МУЗЫКИ И МУЗЫКАЛЬНО-КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация:

Интеллектуализация персональных компьютеров, развитие программного обеспечения профессиональной деятельности музыканта, реальные достижения в процессе компьютерного моделирования элементов музыкального творчества создали реальные возможности для синтеза композиции с теорией информации, объединения музыкальных параметров с акустическими посредством серийного комбинирования и т. д. Появилась новая область исследований, затрагивающая различные сферы деятельности музыканта и специалиста в области информационных технологий в музыке – музыкальное программирование. Статья посвящена рассмотрению основных аспектов данной области знаний.

Ключевые слова:

информационная культура, музыкальное программирование, информационное общество, музыкально-компьютерные технологии, моделирование процессов музыкального творчества.

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

MUSIC PROGRAMMING, OR PROGRAMMING OF MUSIC AND COMPUTER MUSIC TECHNOLOGIES

Summary:

Intellectualization of personal computers, software development for professional activities of musicians, real achievements in the process of computer modeling of music elements have created real opportunities for synthesis of the composition and the theory of information, integration of music and acoustic parameters by serial combining, etc. There is a new research area that covers various activities of musicians and experts in the field of music information technology – music programming. The article considers the main aspects of this sphere.

Keywords:

information culture, music programming, information society, music and computer technologies, modeling of music processes.

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

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

Современный подход к проблеме создания компьютерной композиции и развития музыкального программирования зародился в 80-х гг. XX столетия и продиктован серьезными успехами в разработке программного обеспечения профессиональной деятельности музыканта, становлением *музыкально-компьютерных технологий (МКТ)* [1; 2; 3], изучением техник звукового синтеза и сигналпроцессинга, звукотембрального программирования и т. д.

Дополнительно к системам цифровой генерации звука и аудиосигналпроцессинга, а также системам, основанным на MIDI, были созданы системы компьютерной композиции, сфокусированные на помощи композитору (а также музыковеду) в формализации некоторых аспектов творческого процесса, связанного с экспериментированием со сложными электроакустическими структурами в области динамизации музыкального языка [4; 5; 6].

Введение в музыкальную терминологию понятий «структура», «параметр», «группа», «порция» расширяет музыкальную теорию. Наблюдается эволюция понятия «звук» как исходного элемента до понятия «образ» [7; 8; 9]. Оказалась осуществимой идея регулируемого многомерного звукового пространства: такая многоуровневая композиционная модель применима, например, для электронной генерации звука с использованием четко дифференцированной модуляции параметров частотного, длительностного и динамического уровня.

Количественное исследование способов варьирования музыкальных текстов с использованием возможностей музыкального программирования помогает уточнить границу между «новым» и «модифицированным старым». Результаты таких исследований могут быть использованы при анализе музыкальной формы, при разработке программы варьирования заданной мелодии с помощью *МКТ*, при синтезе новых мелодий, а также в задачах стилеметрии, когда способ варьирования рассматривается в качестве одной из характеристик, отражающих индивидуальность композитора, особенности жанра и т. п. Порой формообразование опирается на «идеальное конструирование» (А. Веберн, П. Булез), на «произвол» (Дж. Кейдж), на «непредсказуемость» алеаторики (К. Штокхаузен). Сталкиваются полярные принципы: идеальный расчет и свобода выбора.

Обновление высотной организации музыкальной ткани, возросшая роль тембра, сонорности фактуры повлекли за собой изменения в области формообразования. В музыковедении значительно расширилась теория музыкальных форм, включившая принципы развития и функциональную направленность форм, вопросы восприятия.

Все сказанное не могло не повлиять на представления о гармонии. Музыковеды отмечают важность определения единых позиций в анализе современных композиционных процессов в произведениях так называемой «новой музыки», для которой характерно исключительное разнообразие стилей, направлений и форм (множественность стилевых установок проявляется особенно в области электронной и компьютерной музыки). Предпринимавшиеся ранее попытки анализа этой проблемы с помощью понятийного аппарата традиционной музыкальной теории и общего феноменологического подхода оказались не вполне адекватными. Наиболее перспективными представляются разработки методов анализа на основе теории информации, обусловленные открытиями в области компьютерных, коммуникационных и аудиовизуальных технологий. Появление таких понятий, как «пространственная музыка», «спектральная гармония», «обертонная формантная гармония» (расширение понятия гармонии от гармонии между тонами до гармонии внутри тонов), свидетельствует не только о «переменах в понятии о гармонии», но и о возникновении новых технологий музыкального творчества, о возникновении новых композиторских техник [10; 11; 12; 13].

Современный многомерный подход к тембру привел к широкому использованию понятий «тембровое пространство», «перемещение в тембровом пространстве». «Множество образующих музыкальную ткань звуковых элементов должны сливаться воедино, в целостную, звуковую и музыкальную форму», – пишет К. Штокхаузен [14, с. 79]. «Если существует возможность создания палитры звуковых окрасов в соответствии с высотой тона..., то должна существовать возможность создания также прогрессии на основании тембровых характеристик тона» [15]. Среди актуальных проблем теории гармонии наряду с традиционными в музыковедении исследовательскими задачами выдвигают также задачи «познания звуковысотной красочности».

Музыкальное программирование, предполагающее детальное проникновение в структуру музыкальной ткани и, соответственно, выяснение нюансов представлений о способах функционирования гармонии и тенденциях ее развития, внесло существенный вклад в развитие современных представлений о музыкальной гармонии.

МКТ предоставляют современным музыкантам и специалистам в области музыкальной акустики широкий спектр новых возможностей, таких, например, как цифровой синтез звука с применением различных алгоритмов, возможность исполнять музыку на электронных музыкальных инструментах, обладающих богатой тембровой палитрой и способностью автоматизировать некоторые аспекты исполнения, создавать музыкальные произведения и аранжировки посредством компьютерных программ (в том числе и полностью автоматически) и многие другие. В работах «Музыкальное программирование», «Программирование интерактивных систем в среде MAX/MSP» (2010), подготовленных к изданию композитором и педагогом М.Г. Светловым, дан подробный анализ возможностей в области программирования музыки, интерактивных аудиовизуальных инстал-

ляций и сценических актов, а также приведен конкретный опыт методических разработок по их реализации, проведен детальный обзор современных программно-аппаратных комплексов, направленных на реализацию широкого круга музыкально-творческих задач. «Программирование и использование систем искусственного интеллекта становится одной из важнейших особенностей интерактивного искусства последнего времени, – пишет М.Г. Светлов. – Авторы интерактивной музыки, аудиовизуальных инсталляций и перформансов для реализации своих художественных идей создают собственный оригинальный инструментарий, позволяющий им в рамках своих акций осуществлять взаимодействие с компьютером как со своеобразным партнером, обладающим определенным спектром возможностей. Этот инструментарий включает в себя как программные алгоритмы, регулирующие поведение компьютерной системы в процессе взаимодействия с исполнителями, так и различного рода интерфейсы – сенсоры и контролеры, позволяющие передавать информацию от исполнителя к компьютеру. Часто такие интерфейсы создаются специально для конкретных инсталляций и перформансов, в дальнейшем они иногда получают и свою собственную жизнь, становясь самостоятельным инструментарием. В других случаях авторы используют стандартные интерфейсы, являющиеся неотъемлемой частью компьютера, – клавиатуру, мышь, микрофон, веб-камеру, а также MIDI-клавиатуру» [16, с. 132].

Существует еще один, очень важный аспект обсуждаемой проблемы – математические методы анализа музыкальных произведений и рукописей. С помощью современных технологий музыкального программирования и *МКТ*, используемых для анализа музыкальных произведений и рукописей, рассматриваются некоторые аспекты музыкознания, допускающие формализованный подход. Наиболее органично эти технологии применимы, в частности, к проблеме распознавания нотных рукописей, написанных с помощью забытых систем нотации (например, проблема расшифровки древнерусских памятников, записанных крюковым (знаменным) или кондакарным письмом).

Выявление внутренних связей в творчестве с помощью современных *МКТ* и доказательство их эволюционного характера позволяет подойти к решению более сложных задач – датировки, авторства и восстановления утраченных произведений [17; 18; 19; 20]. Так, автор ряда исследований в области математических методов анализа музыкальных произведений и биоритмики творчества В.Ф. Зайцев в одной из статей отмечает: «Применение математических методов открывает новые возможности восстановления частично утраченных музыкальных произведений. Ресурсы современных ЭВМ позволяют быстро и эффективно перебрать все возможные (с учетом правил “запрета”) варианты и выбрать среди них наиболее предпочтительные с точки зрения “внутренней логики” композитора» [21, с. 79].

Возможности современных *МКТ* (в том числе и специализированных, «музыкальных компьютеров») позволяют «выбрать» наиболее предпочтительные варианты, а музыкант, прослушав варианты и дополнив сочинение, может создать адекватный музыкальный образ. В связи с развитием специального программного обеспечения за счет формализации языков, представления предметной области и дружелюбности интерфейса происходит непосредственное вовлечение конечных пользователей (в данном случае – музыкантов) в творческую работу непосредственно за терминалом компьютера [22; 23; 24; 25; 26].

С развитием технологий музыкального программирования в широком и узком понимании этого процесса [27] возник и новый объективный метод изучения творчества – моделирование (воспроизведение или имитация) некоторых сторон изучаемых объектов или процессов. При этом возможно не только имитировать уже известные сочинения, но и, что особенно важно, создавать новые музыкальные структуры, стили, строи, различные элементы музыкальной ткани. В работах [28; 29; 30] отражены результаты исследований, затрагивающих проблемы моделирования семантического пространства музыки и выработки оптимального математического аппарата (на базе теории множеств, теории групп и т. д.) для характеристики различных аспектов логики музыкальной композиции (преобразования музыкальных тем, типовые структуры многоголосия и т. д.), выработки основ моделирования музыкальных синестезий, а также перспективы взаимодействия музыкальной науки и современного музыкального образования [31].

Высокотехнологичная информационная творческая среда требует от музыкантов умения профессионально владеть различными средствами *МКТ* для успешного решения художественных задач, что обусловлено развитием современных информационных технологий, в частности информационных технологий в музыке [32; 33; 34; 35]. Развитие цифровых технологий в музыке определяется также экспериментами со спектральными характеристиками звука, поиском оптимального взаимодействия множества параметров, определяющих различные аспекты звучания. Если первые опыты в области алгоритмической музыки, когда компьютерная программа генерировала традиционную партитуру, представляют сегодня только исторический интерес, то музы-

кальные алгоритмы с использованием спектральных данных и микровременных структур являются эффективным инструментарием современного специалиста в области музыкального и звукотембрального программирования и МКТ.

Появилось понятие «интерактивная музыка», которое относится к музыке, звучание которой синтезируется непосредственно в момент исполнения. Современные специализированные музыкальные среды уровня конечного пользователя и звуковые программно-аппаратные комплексы позволяют программировать виртуальные музыкальные инструменты на основании всех известных технологий синтеза и обработки звука в реальном времени (когда процессы синтеза и воспроизведения протекают одновременно). Созданы среды так называемых гиперинструментов, в которых, например, параметры виртуальных инструментов могут контролироваться с помощью звучания акустических инструментов, а также среды, генерирующие звуки на основе данных, полученных только на основании результатов анализа (виртуального) партии солиста.

Огромные возможности *звукового программирования* используются музыкантами для моделирования *акустической звуковой картины* (от элементов архитектурной акустики до акустики помещений и всех нюансов музыкальной акустики) в современных средах обработки и редактирования звука на компьютере. Они послужили толчком к экспериментам композиторов со звуковым пространством [36; 37].

Компьютерные исследования и моделирование процессов музыкального творчества подтверждают подвижность границ между знанием и незнанием, между алгоритмическим описанием и «чистым» творчеством – тем, что еще пока не поддается алгоритмизации и совершается по интуиции. Интуиция опирается на объективно существующие, хотя еще не познанные закономерности, и моделирование на компьютере, являясь мощным методом познания, способствует постижению, глубинных, неосознанных закономерностей мышления и творчества. Интуитивные, глубинные процессы мышления в научном и художественном творчестве исследуются методами компьютерного моделирования в рамках проблемы искусственного интеллекта, выявления и формализации общих закономерностей, которые человек использует неосознанно, интуитивно. Это становится возможным благодаря включению компьютера в процесс сложных расчетов структуры музыкального текста на основе принципов математической вероятности, формальной логики, теории групп и т. д. и в целом благодаря процессу «интеллектуализации» компьютерных технологий, используемых в системе современного музыкального образования и процессе моделирования элементов музыкального творчества [38; 39; 40; 41; 42].

Наконец, возможность создания систем озвучивания для незрячих людей различных деятельности с помощью компьютера – это одна из граней проявления возможностей музыкального программирования, одна из граней реализации аудиовизуальной модальности с помощью инструментов компьютерного анализа и синтеза [43; 44].

Помимо перечисленных ранее аспектов и возможностей музыкального программирования есть особый способ, не имеющий практически никаких ограничений, – непосредственное программирование музыкального звука, каждого элемента музыкальной ткани, программирование музыки или звуковых явлений. Такой способ создания музыкальной композиции получает в последнее время широкое распространение среди музыкантов, так как в их распоряжении имеются программы (их число и качество, а также удобство использования неуклонно возрастает) алгоритмической композиции (в том числе непосредственно звука) с удобным пользовательским интерфейсом. Принцип работы такого рода программных сред, снабженных удобным «музыкальным» интерфейсом, легче понять музыканту, слабо знакомому с программированием, чем программисту, незнакому с музыкой.

Современные цифровые технологии позволяют создавать аудиовизуальные модели и алгоритмы их трансформации, основанные на понимании как традиционных художественных средств, так и возможностей постоянно развивающихся современных цифровых медиа и цифровых искусств [45].

Сегодня можно с достаточной степенью полноты утверждать, что в современном музыкально-образовательном, музыкально-творческом пространстве сложилась самостоятельная область – музыкальное программирование. Добавим к сказанному, что к настоящему времени сформировалась также и новая предметная область «Музыкальная информатика», и эта новая учебная дисциплина введена в цикл специальных (профессиональных) учебных дисциплин многими музыкальными учреждениями страны – вузами, колледжами, музыкальными и музыкально-педагогическими училищами, лицеями, музыкальными школами. Она преподается в рамках курсов повышения квалификации в музыкальных вузах нашей страны. Более подробно содержание этой дисциплины, в рамках которой музыкальному программированию отводится существенное внимание, раскрыто в учебных пособиях [46; 47; 48].

Будучи в общих рамках «цифрового искусства», музыкальное искусство приобретает новые направления развития, связанные с наиболее творческими сферами приложения (технологии создания виртуальной реальности и т. д.). Так, благодаря разработанным программным и аппаратным средствам становится возможным создавать «представления» во взаимодействии музыки с видео, театральными и сценическими элементами, как виртуального, так и реального характера (программы конвертации видеoinформации в MIDI-сообщения, программы обработки сенсорных данных происходящих на сцене событий и т. п.).

Все эти и ранее перечисленные аспекты актуализируют мысль о том, что дальнейшее изучение и развитие современных средств МКТ, основанных на различных аспектах применения музыкального программирования как области научных знаний и широкого спектра сферы практических приложений в различных областях музыкального и технического творчества, необходимо не только для творчества музыкантов, но и для деятельности специалистов в области информатики, работающих в сфере создания программно-аппаратных средств (в том числе электронных музыкальных инструментов).

Ссылки:

1. Горбунова И.Б. Феномен музыкально-компьютерных технологий как новая образовательная творческая среда // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2004. № 4 (9). С. 123–138.
2. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии – новая образовательная творческая среда // Universum: Вестник Герценовского университета. 2007. № 1. С. 47–51.
3. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в системе современного музыкального воспитания и образования // Педагогика и психология, культура и искусство : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. «Педагогика и психология, культура и искусство: проблемы общего и специального гуманитарного образования». 2013. С. 7–12.
4. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О теории музыки Леонарда Эйлера // Современное музыкальное образование – 2007–2008 : материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2008. С. 103–109.
5. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. «Формализованная музыка» Я. Ксенакиса: значение для построения учебных музыкально-математических курсов // Современное музыкальное образование – 2007–2008 : материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2008. С. 109–114.
6. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Экспериментальная эстетика: композиционные и педагогические проблемы современного этапа компьютерного музыкального творчества // Теория и практика общественного развития. 2014. № 21. С. 289–294.
7. Горбунова И.Б. Музыкальный звук : монография. СПб., 2006. 165 с.
8. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 1: Архитектоника музыкального звука : учеб. пособие. СПб., 2009. 175 с.
9. Горбунова И.Б. Архитектоника звука : монография. СПб., 2014. 125 с.
10. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Опыт математического представления музыкально-логических закономерностей в книге Я. Ксенакиса «Формализованная музыка» // Общество. Среда. Развитие. 2012. № 4 (25). С. 135–139.
11. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Музыкально-теоретические воззрения Леонарда Эйлера: актуальное значение и перспективы // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина. 2012. № 4 (Т. 2). С. 164–172.
12. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О математических методах в исследовании музыки и подготовке музыкантов // Проблемы музыкальной науки. 2013. № 1 (12). С. 272–276.
13. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Музыка, математика, информатика: педагогические проблемы современного этапа // Современное музыкальное образование – 2013 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2014. С. 22–26.
14. Stockhausen K. Kompositions-Kurs über Sirius. Kuerten, 2000. 121 s.
15. Stockhausen K. Harmonielehre. Leipzig, 1977. S. 503.
16. Светлов М.Г. Системы искусственного интеллекта в интерактивной музыке, аудиовизуальных инсталляциях и перформансах // Современное музыкальное образование – 2010 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2011. С. 131–135.
17. Горбунова И.Б., Чибирёв С.В. Музыкально-компьютерные технологии: к проблеме моделирования процесса музыкального творчества : монография. СПб., 2012. 160 с.
18. Горбунова И.Б., Чибирёв С.В. Компьютерное моделирование процесса музыкального творчества // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. № 168. С. 84–93.
19. Горбунова И.Б., Романенко Л.Ю., Чибирёв С.В. Моделирование процесса музыкального творчества с использованием музыкально-компьютерных технологий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 4 (75). С. 16–24.
20. Горбунова И.Б., Чибирёв С.В. Музыкально-компьютерные технологии и проблема моделирования процесса музыкального творчества // Региональная информатика «РИ – 2014» : материалы XIV Санкт-Петербургской междунар. конф. 2014. С. 293–294.
21. Зайцев В.Ф. Математические модели в точных и гуманитарных науках : учеб. пособие. СПб., 2006. 111 с.
22. Горбунова И.Б., Камерис А. Концепция музыкально-компьютерного образования в подготовке педагога-музыканта : монография. СПб., 2011. 115 с.
23. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Музыкально-компьютерные технологии как фактор становления профессиональной компетентности современного музыканта-педагога // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 12 (83). С. 390–395.
24. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерное музыкальное творчество как средство формирования информационной компетентности современного музыканта-педагога // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 9 (80). С. 256–261.
25. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Творческий проект в процессе обучения информатике студентов-музыкантов (в условиях педагогического вуза) // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 3 (86). С. 214–221.

26. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерное музыкальное творчество: теория и практика. Саарбрюккен, 2014. 125 с.
27. Горбунова И.Б., Кибиткина Э.В. Музыкальное программирование: вопросы подготовки специалистов // Искусство и образование. 2010. № 5 (67). С. 104–111.
28. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер : монография. СПб., 2007. 399 с.
29. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Музыка, математика, информатика: пути взаимодействия и проблемы современного этапа // Субкультуры и коммуникативные стратегии информационного общества : тр. междунар. науч.-теорет. конф. 2014. С. 81–83.
30. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Информационные технологии в музыке. Т. 4: Музыка, математика, информатика : учеб. пособие. СПб., 2013. 180 с.
31. Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Товпич И.О. Комплексная модель семантического пространства музыки и перспективы взаимодействия музыкальной науки и современного музыкального образования // Научное мнение. 2014. № 8. С. 238–249.
32. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке // Современное музыкальное образование – 2010 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. 2011. С. 128–131.
33. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 3: Музыкальный компьютер : учеб. пособие. СПб., 2011. 411 с.
34. 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.
35. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке и музыкальном образовании // Региональная информатика «РИ – 2014» : материалы XIV Санкт-Петербургской междунар. конф. 2014. С. 320–321.
36. Горбунова И.Б., Брянцев М.М. Синтез информатики, музыкознания и акустики в современной творческой, педагогической и научно-исследовательской практике // Региональная информатика – 2008 : материалы XI Санкт-Петербургской междунар. конф. 2008. С. 202–203.
37. Горбунова И.Б. Акустические знания музыканта в современном медиаобразовательном пространстве: истоки проблемы и перспективы развития // Инновационные технологии в медиаобразовании : сб. науч. ст. по материалам II Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2014. С. 21–24.
38. Горбунова И.Б. Эра информационных технологий в музыкально-творческом пространстве // «Региональная информатика – 2010» (« РИ – 2010») : материалы XII Санкт-Петербургской междунар. конф. СПб., 2010. С. 232–233.
39. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 2: Музыкальные синтезаторы : учеб. пособие. СПб., 2010. 205 с.
40. Новые художественные миры. Интервью профессора им. А.И. Герцена И.Б. Горбуновой // Музыка в школе. 2010. № 4. С. 11–14.
41. Горбунова И.Б. Информационные технологии в художественном образовании // Философия коммуникации: интеллектуальные сети и современные информационно-коммуникативные технологии / под ред. С.В. Клягина, О.В. Шипуновой. СПб., 2013. С. 192–202.
42. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в подготовке педагога-музыканта // Проблемы музыкальной науки. 2014. № 3 (16). С. 5–11.
43. Музыкально-компьютерные технологии в школе цифрового века / А.М. Воронов, И.Б. Горбунова, А. Камерис, Л.Ю. Романенко // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 5 (76). С. 240–246.
44. Горбунова И.Б., Романенко Л.Ю., Родионов П.Д. Музыкально-компьютерные технологии в формировании информационной компетентности современного музыканта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки. 2013. № 1 (167). С. 39–46.
45. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии и аудиовизуальный синтез: актуальное значение и перспективы развития // Теория и практика общественного развития. 2014. № 19. С. 162–168.
46. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Информационные технологии в музыке. Т. 4: Музыка, математика, информатика.
47. Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Кибиткина Э.В. Музыкальное программирование : учеб. пособие. СПб., 2012. 195 с.
48. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерная музыка. Т. 1: Компьютерное музыкальное творчество : учеб. пособие. СПб., 2013. 190 с.

References:

1. Gorbunova, IB 2004, 'Phenomenon Music technology as a new educational creative environment', *Proceedings RSPU of AI Herzen*, no. 4 (9), p. 123-138.
2. Gorbunova, IB 2007a, 'Music technology - a new educational creative environment', *Universum: Bulletin of the Herzen University*, no. 1, p. 47-51.
3. Gorbunova, IB 2013a, 'Music technology in the modern musical upbringing and education', *Pedagogy and psychology, culture and the arts: Materials of VII Intern. scientific and practical Conf. "Pedagogy and psychology, culture and the arts: general and special problems of liberal education"*, p. 7-12.
4. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2008a, 'About music theory Euler', *Modern music education - 2007-2008: Proceedings of the international scientific and practical Conf.*, St. Petersburg, p. 103-109.
5. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2008b, '"Formalized Music" J. Xenakis: importance for building educational musical-mathematical courses', *Modern music education - 2007-2008: Proceedings of the international scientific and practical Conf.*, St. Petersburg, p. 109-114.
6. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014a, 'Experimental Aesthetics: compositional and pedagogical problems of the present stage of computer music creation', *Theory and practice of social development*, no. 21, p. 289-294.
7. Gorbunova, IB 2006, *Musical sound: a monograph*, St. Petersburg, 165 p.
8. Gorbunova, IB 2009, *Information technology in music. Vol. 1: The architectonics of musical sound*, St. Petersburg, 175 p.
9. Gorbunova, IB 2014a, *Architectonics sound: a monograph*, St. Petersburg, 125 p.
10. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2012a, 'Experience mathematical representation of musical and logical laws in the book of J. Xenakis' Formalized Music', *Society. Environment. Development*, no. 4 (25), p. 135-139.
11. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2012b, 'Musical-theoretical views of Leonhard Euler: relevance and prospects', *Vestnik Leningrad State University named after AS Pushkin*, no. 4 (vol. 2), p. 164-172.
12. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013a, 'Mathematical methods in the study of music and musicians preparing', *Problems of musical science*, no. 1 (12), p. 272-276.
13. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014b, 'Music, mathematics, computer science: pedagogical problems of the present stage', *Contemporary music education - 2013: Proceedings of the international scientific and practical Conf.*, St. Petersburg, p. 22-26.

14. Stockhausen, K 2000, *Kompositions-Kurs über Sirius*, Kuerten, 121 s.
15. Stockhausen, K 1977, *Harmonielehre*, Leipzig, p. 503.
16. Svetlov, MG 2011, 'Artificial intelligence systems in interactive music, audio-visual installations and performances', *Contemporary music education - 2010: Proceedings of the international scientific and practical Conf.*, St. Petersburg, p. 131-135.
17. Gorbunova, IB & Chibirev, SV 2012, *Music technology: the problem of modeling the process of musical creation: a monograph*, St. Petersburg, 160 p.
18. Gorbunova, IB & Chibirev, SV 2014a, 'The simulation of musical creativity', *News RSPU of AI Herzen*, no. 168, p. 84-93.
19. Gorbunova, IB, Romanenko, LY & Chibirev, SV 2013, 'Simulation of the process of musical creation using Music technology', *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 4 (75), p. 16-24.
20. Gorbunova, IB & Chibirev, SV 2014b, 'Music technology and the problem of modeling the process of musical creation', *Regional Informatics "RI - 2014": Proceedings of the XIV Intern. Conf.*, St. Petersburg, p. 293-294.
21. Zaitsev, VF 2006, *Mathematical models in the exact sciences and humanities*, St. Petersburg, 111 p.
22. Gorbunova, IB & Kameris, A 2011, *The concept of music and computer education in the preparation of the teacher-musician: a monograph*, St. Petersburg, 115 p.
23. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013a, 'Music technology as a factor of professional competence of the modern musician-teacher', *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 12 (83), p. 390-395.
24. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013b, 'Computer musical creativity as means of formation of information competence of the modern musician-teacher', *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 9 (80), p. 256-261.
25. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2014a, 'Creative project in the course of training to computer music students (in terms of pedagogical high school)', *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 3 (86), p. 214-221.
26. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2014b, *Computer musical creativity: Theory and Practice*, Saarbruecken, 125 p.
27. Gorbunova, IB & Kibitkina, EV 2010, 'Musical programming: issues of training specialists', *Art and Education*, no. 5 (67), p. 104-111.
28. Gorbunova, IB 2007b, *Music computer: a monograph*, St. Petersburg, 399 p.
29. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014c, 'Music, mathematics, computer science: ways of interaction and problems of the present stage', *Subcultures and communication strategy for the Information Society: Intern. Scientific-theor. Conf.*, p. 81-83.
30. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013b, *Information technology in music. Vol. 4: Music, mathematics, computer science*, St. Petersburg, 180 p.
31. Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Tovpich, IO 2014, 'Integrated model of semantic space of music and musical perspectives of interaction of science and modern music education', *Scientific opinion*, no. 8, p. 238-249.
32. Gorbunova, IB 2011a, 'Information technology in music', *Contemporary music education - 2010: Proceedings of the Intern. scientific and practical Conf.*, p. 128-131.
33. Gorbunova, IB 2011b, *Information technology in music. Vol. 3: The Music PC*, St. Petersburg, 411 p.
34. Gorbunova, IB 2014b, 'Information technology in music and the complex model of its semantic space', *Scientific and technical sheets of St. Petersburg State Polytechnic University. Humanities and social sciences*, no. 4 (208), p. 152-161.
35. Gorbunova, IB 2014c, 'Information technology in music and music education', *Regional Informatics "RI - 2014": Proceedings of the XIV Intern. Conf.*, St. Petersburg, p. 320-321.
36. Gorbunova, IB & Bryantsev, MM 2008, 'Synthesis of Informatics, musicology and acoustics in modern creative, educational and research practice', *Regional Informatics - 2008: Proceedings of the XI Intern. Conf.*, St. Petersburg, p. 202-203.
37. Gorbunova, IB 2014d, 'Acoustic musician knowledge in the modern media educational space: the origins of the problems and prospects of development', *Innovative technologies in media education: scientific Materials II All-Russian scientific and practical. Conf.*, St. Petersburg, p. 21-24.
38. Gorbunova, IB 2010a, 'The era of information technology in the musical creative space', *"Regional Informatics - 2010" ("RI - 2010"): Proceedings of the XII St. Petersburg Intern. Conf.*, St. Petersburg, p. 232-233.
39. Gorbunova, IB 2010b, *Information technology in music. Vol. 2: Music Synthesizers*, St. Petersburg, 205 p.
40. 'New artistic worlds. Interview of Professor IB Gorbunova' 2010, *Music School*, no. 4, p. 11-14.
41. Gorbunova, IB 2013b, 'Information technologies in art education philosophy', in Klyagin, SV & Shipunova, OV (ed.), *Communications: intelligent networks and modern information and communication technology*, St. Petersburg, p. 192-202.
42. Gorbunova, IB 2014e, 'Music technology in the preparation of the teacher-musician', *Problems of musical science*, no. 3 (16), p. 5-11.
43. Voronov, AM, Gorbunova, IB, Kameris, A, Romanenko, MY 2013, 'Music technology at the School of the digital age', *Bulletin of Irkutsk State Technical University*, no. 5 (76), p. 240-246.
44. Gorbunova, IB, Romanenko, LY & Rodionov, PD 2013, 'Music technology in the formation of information competence of the modern musician', *Scientific and technical sheets of St. Petersburg State Polytechnic University. Humanities and social sciences*, no. 1 (167), p. 39-46.
45. Gorbunova, IB 2014f, 'Music technology and audiovisual synthesis: relevance and prospects of development', *Theory and practice of social development*, no. 19, p. 162-168.
46. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013b, *Information technology in music. Vol. 4: Music, mathematics, computer science*, St. Petersburg, 180 p.
47. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS & Kibitkina, EV 2012, *Musical programming*, St. Petersburg, 195 p.
48. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013c, *Computer music. Vol. 1. Computer music*, St. Petersburg, 190 p.