

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

**«АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИИ»
КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКИ
ПРИМЕНЕНИЯ КИБЕРНЕТИКИ
В МУЗЫКЕ**

Аннотация:

Автоматизация процессов создания и исполнения музыки всегда присутствовала в традиционном композиторском искусстве (в приемах повторности, имитационно-контрапунктической полифонической технике и функционально-гармоническом мышлении), демонстрируя механистическое восприятие элементов музыкального искусства. обстоятельное изучение особенностей создания и функционирования «автоматических композиций» в музыке, перспективы ее взаимодействия с современными теориями и методами исследования точных наук в музыкознании позволяют сделать вывод об автоматических композициях как о предшественниках кибернетики в музыке. Рассмотрению данных проблем посвящена статья.

Ключевые слова:

музыкально-компьютерные технологии, электронные музыкальные инструменты, синтезатор, исполнительское мастерство, музыкальное искусство, кибернетика, «автоматические композиции».

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

**"AUTOMATIC COMPOSITIONS"
AS PRECURSORS
TO THE USE OF CYBERNETICS
IN MUSIC**

Summary:

Traditional art of music composition has always applied automation of processes of music creation and performance (in techniques of repetition, imitation-polyphonic counterpoint, functional-harmonic thinking), demonstrating mechanistic perception of music elements. The detailed study of features of creation and operation of "automatic composition" in music and prospects of its correlation with contemporary theories and research methods of natural sciences in musicology leads to the conclusion about automatic compositions as precursors of cybernetics in music. The article discusses these problems.

Keywords:

computer music technologies, electronic musical instruments, synthesizer, performance art, musical art, cybernetics, automatic composition.

Примечательным следствием логико-математического осмысления закономерностей музыки явились опыты автоматизации ее сочинения и исполнения.

Вполне отчетливые очертания идея автоматического сочинения музыки 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 (A. Kircher. Musurgia Universalis). Это был первый проект машины для сочинения музыки под названием «музаритмический ковчег». В этом инструменте небольшие последовательности нот записывались («программировались» для исполнения) на вращающемся барабане согласно заложенной в него «программе», содержащей принятые тогда правила композиции и гармонии. Такой инструмент является прообразом пневматического синтезатора с автоаккомпанементом. Кирхер высказал также идею «визуализации» музыки, или цветомузыки. «Свет – обезьяна звука», – провозгласил изобретатель. Он опирался в своих опытах с проекционным аппаратом на знаменитую концепцию И. Ньютона («Трактат о наблюдениях» и «Одна гипотеза, объясняющая свойства света, изложенные в нескольких моих статьях») о подобии светового спектра и музыкальной гаммы.

Кирхер развивал идеи своих предшественников. Одним из них был французский математик, философ и теоретик музыки М. Мерсенн, который вел активную переписку с выдающимися учеными своего времени (Р. Декартом, Б. Паскалем, Э. Торричелли, П. Ферма и др.), что способствовало распространению и обсуждению их открытий и постановке новых научных проблем. Наиболее важными среди работ ученого являются его труды в области акустики, в частности, Мерсенн впервые определил скорость звука. Он также разрабатывал вопросы теории музыки, описания инструментов [1]. Три с половиной века назад он конструктивными методами пытался разрешить проблему, которой занимаются современные искусствоведы, – найти зависимость между структурой музыки и ее воздействием на эмоциональное состояние слушателя. «Механизировать процессы создания и исполнения музыки, – пишет Г.Г. Белов, – идея, уходящая корнями в далекое прошлое.

В традиционном композиторском ремесле (в приемах повторности, имитационно-контрапунктической полифонической технике и функционально-гармоническом мышлении) уже есть зародыши механистического восприятия элементов музыкального искусства» [2, с. 49].

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. В 1757 г. И.Ф. Кирнбергер, немецкий теоретик, композитор и скрипач, опубликовал «Руководство к сочинению менуэтов и полонезов с помощью игральные кости». В 1759 г. Ж.Б. Лаборде изобрел «электроклавесин», работающий на статическом электричестве. 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»: через два года после его смерти (в 1793 г.) было издано приписанное ему «Руководство, как при помощи двух игральные кости сочинять вальсы в любом количестве...». Композитора интересовали такие интеллектуальные «игры-головоломки», и он с их помощью сочинял менуэты, рондо, вальсы. Моцарт обстоятельно изучает и исследует возможности «автоматических композиций», как, впрочем, и многие другие композиторы того времени. «Изобретение технологий, упрощающих, к примеру, труд композиторов, вообще музыкантов, а также любителей музыки, началось исподволь и довольно давно. Припомним, 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 сложно организованную фактуру, состоящую из политональных, полиритмических и политембровых сочетаний голосов. А разве цифрованный бас – не средство сэкономить бумагу и время на ее заполнение? Параллельно с изощрениями в нотописании шла изобретательская работа по механизации исполнительского процесса: рождались куранты, шарманки, музыкальные шкатулки; наконец, появились оркестрионы (многотемброво звучащие механизмы величиной в полкомнаты), пианолы, приводимые в действие движением перфоленты (совсем как в первых ЭВМ). Для курантов писали музыку гениальные композиторы: Моцарт, Бетховен, Шостакович» [3, с. 50].

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”!» [4, с. 15].

В XIX в. И.Н. Мельцелем был изобретен метроном (1814 г.) и механический музыкальный инструмент – пангармоникон (Panharmonicon), для которого Л. Бетховеном была первоначально написана композиция «Битва при Виттории» (1813 г.) (более известна как симфоническая пьеса).

В 1837 г. Ч. Пейджем была разработана «гальваническая музыка». «В XVIII в. познание звуковысотности было сведено к учению о ладовой природе звуковысотной организации. Так, фундаментальные для звучности характеристики понятия консонанса и диссонанса стали совмещаться с представлением об устойчивости и неустойчивости, а сами свойства интервалов рассматривались на этом этапе в тесной связи с ладовыми условиями их применения. Тогда же возникло представление о разрешении диссонанса, и это разрешение ставилось в зависимость от внутрिलाдовых тяготений. Лад рассматривался как единственный выразитель звуковысотной логики, и подобная трактовка предмета учения о звуковысотности иногда встречается и сегодня» [5, с. 8].

В XIX в. первым в мире получил подобие электронного звука Г. Гельмгольц, который сконструировал аппарат, названный резонатором Гельмгольца, и написал несколько фундаментальных трудов, посвященных физическим и физиологическим основам музыки. Среди них, в частности, книга «Учение о звуковых ощущениях как физиологическая основа теории музыки» (Lehre von den Tonenfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik). Именно в этой работе дан подробный анализ проблемы физиологии слуха, формирования тембра звука, консонанса и диссонанса созвучий, вопросов организации звуковысотности строя. Необходимо отметить также, что Гельмгольц выдвигает принцип относительности консонанса и диссонанса, чем предвосхищает учение о гармонии А. Шенберга [6; 7; 8; 9; 10].

Позднее американским изобретателем Э. Греем был создан инструмент под названием Harmonic Telegraph. Каждая клавиша этого двухоктавного инструмента имела собственный электромагнитный генератор соответствующей частоты. Звук инструмента был слабым, тембр – похожим на телефонный гудок.

Примерно в это же время немецкий изобретатель Кениг создал синтезатор с четырехклавной клавиатурой, разделенной на 670 равных частей. Таким образом *полутон перестал быть самым маленьким интервалом в клавишной музыке*.

В 1897 г. Э.С. Вотеем была изобретена пианола (механическое пианино). В пианоле использовались валики с перфолентой. Расположение дырочек на перфоленте соответствовало определенным нотам, а длина дырочек – продолжительности их звучания. Когда валик прокручивался, соответствующие дырочкам молоточки били по струнам пианола. Этот инструмент позволял исполнять и записывать довольно сложные пьесы классического и популярного репертуара.

В 1899 г. У. Дадделл создал «поющую дугу».

Первый полноценный электромузыкальный инструмент (на котором исполняли сочинения Баха, Шопена, Грига) был создан американцем Т. Кэхиллом. В 1897 г. он запатентовал и в 1906 г. представил в окончательном виде огромный агрегат под названием Telharmonium, или Dyanophone. Инструмент имел огромные размеры и весил 200 т. «Клавиатура включала в себя семь октав по 36 нот в октаве, что добавляло определенные возможности для музыкального интонирования, но было очень неудобным для пианистов-исполнителей, играть на инструменте можно было только в четыре руки. Инструмент создавал много постороннего шума: вращающиеся колесики и лязгающие реле, а также огромные помехи в телефонной цепи, проложенной в здании, где он находился», – пишет П.Л. Живайкин [11, с. 16]. Всего было построено три таких инструмента. «Используя большой набор телефонных трубок и вращательных динамо, работающих на переменном токе, он... передавал свою музыку по телефонным проводам. Европейский композитор Ферруччо Бузони с восторгом писал музыку для этого устройства» [12, с. 27].

Когда композитор с традиционной технологией сочиняет музыку, он располагает строго ограниченным набором инструментов (тембров). Композитор, пианист, саунд-дизайнер, писатель, музыкальный журналист, ведущий радио- и телевизионных передач, ученый секретарь Ассоциации электроакустической музыки России В.О. Белунцов отмечал: «Считалось, что работа композитора в конечном счете заключается в компоновке элементов различной высоты, продолжительности и громкости. Другими словами, считалось не столь важным, на каком инструменте будет исполнен составленный композитором нотный текст, какой тембр будет иметь тот или иной звук. Затем стала очевидной и вполне понятной современному человеку идея, что тембровая окраска музыки имеет значительную роль при восприятии ее характера. Грубо говоря, одна и та же мелодия в исполнении трубы и скрипки будет воспринята слушателем по-разному. С тех пор композиторы избирали один или несколько конкретных инструментов для воплощения своей идеи, а симфонический оркестр вплоть до нашего времени по праву считается «инструментом» с наиболее богатыми исполнительскими возможностями» [13, с. 32].

Даже при создании музыки для оркестра, с его довольно большим набором инструментов, композитор не имеет практически никакой возможности изменить строго определенное заранее тембровое наполнение в соответствии со своим композиторским замыслом. Чтобы хоть как-то расширить эти ограничения, композиторы придумывали различные тембровые дополнения, смешения (так называемые «миксты»). Вначале выбирались наиболее естественные, органично сливающиеся «инструменты», затем стали появляться все более необычные тембровые сочетания.

К ярким примерам использования нетрадиционных звуковых тембров, т. е. нестандартных музыкальных инструментов, относятся пространственные эффекты, влияющие на тембр звука, встречающиеся, например, в хоровых произведениях О. Лассо (венецианская школа XVI – начала XVII в.); применение Леопольдом Моцартом свистков и погремушек в симфониях, написанных специально для детей («Детская симфония», например, первоначально приписываемая Гайдну); необычные инструменты в оперной музыке (например, ансамбль наковален в «Золоте Рейна» Р. Вагнера); Н.А. Римский-Корсаков ввел в оркестр набор стаканов, которые «настраивались» с помощью заполняющей их воды. (Стеклянная гармоника была популярна среди композиторов конца XVIII в. и почти всего XIX в. вплоть до изобретения челесты. Здесь упомянем имена В.А. Моцарта, А.Г. Рубинштейна и др.) Активно использовали шумовые инструменты многие композиторы, принадлежавшие к авангардным художественным течениям первой половины XX в. (например, Л. Руссоло, Э. Сати, Э. Варез, Дж. Антейл, Дж. Кейдж и др.).

С появлением музыкально-компьютерных технологий (МКТ) [14; 15; 16; 17; 18] и, собственно, музыкального компьютера (МК) [19; 20; 21; 22; 23] композитор получил возможность создавать и использовать звук любого понравившегося или необходимого для него тембра [24; 25; 26]. Современные МКТ снимают все принципиальные тембровые ограничения: ограничивать могут только возможности профессионального программного обеспечения [27; 28; 29; 30] и умение композитора пользоваться ими.

В целом можно отметить, что математические методы исследования в музыковедении в основном сводятся прежде всего к синтезированию музыки на основе закономерностей, полученных на этапе анализа композиций, что подробно рассмотрено нами в работах [31; 32; 33; 34; 35]. «В обобщении (которое могло бы стать предметом отдельной теоретической дискуссии), – пишет М.С. Заливадный, – находит очевидное выражение как комплексность общественно-психологической основы музыкального (и иного художественного) творчества [36, с. 328; 37, с. 108–122], так и фундаментальный характер самого элемента программирования (или, точнее, алгоритмизации), присутствующего в той или иной форме во всех областях человеческой деятельности» [38, с. 12]. А. Сихра в связи с исследованием возможностей комплексного научного подхода к изучению закономерностей музыки (включая применение идей и методов кибернетики и теории информации) в своих научных работах активно использовал элементы ряда точных дисциплин (в том числе кибернетики и теории информации), а также достижения комплексного теоретического музыковедения XX в. Так, одна из глав его ставшей бестселлером книги «Музыка глазами науки» [39] называется «Музыка и кибернетика».

Изучение особенностей создания и функционирования автоматических композиций в музыке, комплексный подход к изучению и систематизации знаний о музыке, построение комплексной модели ее семантического пространства и перспективы ее взаимодействия с современными теориями и методами исследования точных наук в музыковедении (теория информации, теория групп и др. [40]) позволяют сделать вывод об автоматических композициях как о предшественниках кибернетики в музыке.

Ссылки:

1. Mersenne M. Harmonie universelle. Б. м., 1636–1637. Vol. 1–2. 210 p.
2. Белов Г.Г. Неизбежность компьютерной техники в музыке: размышления композитора // Современное музыкальное образование – 2002 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Б. Горбуновой. СПб., 2002. С. 45–51.
3. Там же. С. 50.
4. Живайкин П.Л. Электромusикальные инструменты. Прообразы и предвестники // Музыка и электроника. 2004. № 1. С. 16–17.
5. Рабин Д.М. Музыка и компьютер: настольная студия : пер. с англ. Минск, 1998. 128 с.
6. См. подробнее: Новые художественные миры. Интервью профессора РГПУ им. А.И. Герцена И.Б. Горбуновой // Музыка в школе. 2010. № 4. С. 11–14.
7. См. подробнее: 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.
8. См. подробнее: Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Компьютерная музыка как одно из проявлений современного этапа экспериментальной эстетики и теоретического музыковедения // Научное мнение. 2014. № 12 (1). С. 113–120.
9. См. подробнее: Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Кибиткина Э.В. Музыкальное программирование : учеб. пособие. СПб., 2012. 195 с.
10. См. подробнее: Горбунова И.Б. «Эстетика: информационный подход» Ю. Рагса: актуальное значение и перспективы // Теория и практика общественного развития. 2015. № 2. С. 86–90.
11. Живайкин П.Л. Указ. соч. С. 16.
12. Рабин Д.М. Указ. соч. С. 27.
13. Белунцов В.О. Компьютер для музыканта. СПб., 2001. 211 с.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в подготовке педагога-музыканта // Проблемы музыкальной науки. 2014. № 3 (16). С. 5–10.
18. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке и музыкальном образовании // Региональная информатика – 2014 : материалы конф. (Санкт-Петербург, 29–31 окт. 2014 г.). СПб., 2014. С. 320–322.
19. Горбунова И.Б., Горельченко А.В. Музыкальный компьютер в детской музыкальной школе : учеб. пособие. СПб., 2003. 68 с.
20. Белов Г.Г., Горбунова И.Б., Горельченко А.В. Музыкальный компьютер (новый инструмент музыканта) : учеб. пособие для 10–11 кл. общеобразоват. учреждений. СПб., 2006. 212 с.
21. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер : монография. СПб., 2007. 399 с.
22. Белов Г.Г., Горбунова И.Б. Новый инструмент музыканта // Общество: философия, история, культура. 2015. № 6. С. 135–139.
23. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер как новый инструмент педагога-музыканта в Школе цифрового века // Теория и практика общественного развития. 2015. № 11. С. 254–257.
24. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в перспективе Digital Humanities // Общество: философия, история, культура. 2015. № 3. С. 44–47.
25. Горбунова И.Б. Электронные музыкальные инструменты: к проблеме становления исполнительского мастерства // Теория и практика общественного развития. 2015. № 22. С. 233–240.
26. Горбунова И.Б. Музыкальные инструменты как синтезаторы музыкального звука // Общество: философия, история, культура. 2016. № 2. С. 89–93.

27. Горбунова И.Б. Музыкальное программирование, или Программирование музыки и музыкально-компьютерные технологии // Теория и практика общественного развития. 2015. № 7. С. 213–218.
28. Горбунова И.Б., Давлетова К.Б. Электронные музыкальные инструменты в системе общего музыкального образования // Там же. № 12. С. 411–415.
29. 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.
30. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии в образовании педагога-музыканта.
31. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О математических методах в исследовании музыки и подготовке музыкантов // Проблемы музыкальной науки. 2013. № 1 (12). С. 272–276.
32. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Музыка, математика, информатика: пути взаимодействия и проблемы современного этапа // Субкультуры и коммуникативные проблемы современного общества : тр. междунар. науч.-теорет. конф. 2014. С. 81–83.
33. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О необходимости обучения математическим методам исследования музыки в системе современного музыкального образования // Общество: социология, психология, педагогика. 2015. № 6. С. 146–150.
34. Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Хайнер Е. О значении математических методов в исследовании музыки и профессиональной подготовке музыкантов // Университетский научный журнал. 2015. № 11. С. 103–111.
35. 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.
36. См., например: Швейцер А. Иоганн Себастьян Бах. М., 2005. 560 с.
37. См., например: Галеев Б.М. Человек, искусство, техника. Казань, 1987. 232 с.
38. Заливадный М.С. Теоретические проблемы компьютеризации музыкальной деятельности (опыт комплексной характеристики) : автореф. дис. ... канд. искусствоведения. СПб., 2000. 24 с.
39. Sýhra A. Hudba očima vědy. Praha, 1965. 300 p.
40. Горбунова И.Б. Компьютерные науки и музыкально-компьютерные технологии в образовании // Теория и практика общественного развития. 2015. № 12. С. 428–432.

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, p. 220, (in Russian).
- Belov, GG & Gorbunova, IB (ed.) 2002, 'The inevitability of computer technology in the music: the composer's reflections', *Sovremennoye muzykal'noye obrazovaniye – 2002 : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 45-51, (in Russian).
- Belov, GG & Gorbunova, IB 2015, 'The new instrument musician', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 6, pp. 135-139, (in Russian).
- Belov, GG, Gorbunova, IB & Gorelchenko, AV 2006, *Musical computer (a new instrument musician): Proc. Benefit for 10-11. general education. Institutions*, St. Petersburg, p. 212, (in Russian).
- Beluntsov, VO 2001, *Computer musician*, St. Petersburg, p. 211, (in Russian).
- Galeev, BM 1987, *Man, art, technology*, Kazan, p. 232, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2004, 'The 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 2007, *Musical computer*: monograph, St. Petersburg, p. 399, (in Russian).
- Gorbunova, IB (ed.) 2011, 'Information technology in the modern music education', *Sovremennoye muzykal'noye obrazovaniye – 2011 : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 30-34, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014a, 'Information technology in music and a comprehensive model of its semantic space', *Nauchno-tehnicheskkiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politeknicheskogo universiteta. Gumanitarnyye i obshchestvennyye nauki*, no. 4 (208), pp. 152-161, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014b, 'Music and computer technology in the education of the teacher-musician', *Sovremennoye muzykal'noye obrazovaniye – 2014 : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, St. Petersburg, pp. 32-38, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2014c, '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 2014d, 'Information technology in music and music education', *Regional'naya informatika – 2014 : materialy konf. (Sankt-Peterburg, 29–31 okt. 2014 g.)*, St. Petersburg, pp. 320-322, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015a, 'Computer science and music and computer technology in education', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 12, pp. 428-432, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015b, "Aesthetics: information approach" J. Rags: relevance and prospects', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 2, pp. 86-90, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015c, 'Musical computer as a new instrument musician teacher at the School of the digital age', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 11, pp. 254-257, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015d, 'Music and computer technology in the future Digital Humanities', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 3, pp. 44-47, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015e, 'Electronic musical instruments: the problem of the formation of Performing Arts', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 22, pp. 233-240, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2015f, 'Musical programming or programming of music and musical computer technologies', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 7, pp. 213-218, (in Russian).
- Gorbunova, IB 2016, 'Musical instruments like synthesizers musical sound', *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura*, no. 2, pp. 89-93, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Davletova, KB 2015, 'Electronic musical instruments in general music education system', *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, no. 12, pp. 411-415, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Gorelchenko, AV 2003, *Musical computer in the children's music school*: textbook, St. Petersburg, p. 68, (in Russian).
- Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013, 'Mathematical methods in the study of music and musicians preparation', *Problemy*

muzykal'noy nauki, no. 1 (12), pp. 272-276, (in Russian).

Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014a, 'Computer music as one of the manifestations of the current stage of experimental aesthetics and theoretical musicology', *Nauchnoye mneniye*, no. 12 (1), pp. 113-120, (in Russian).

Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2014b, 'Music, mathematics, computer science: ways of interaction and problems of the present stage', *Subkul'tury i kommunikativnyye problemy sovremennogo obshchestva : tr. mezhdunar. nauch.-teoret. konf.*, pp. 81-83, (in Russian).

Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2015, 'On the necessity of teaching mathematical methods of music research in the system of modern music education', *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*, no. 6, pp. 146-150, (in Russian).

Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Heiner E 2014, 'Music and computer technology as a translational system information at the School of the digital age', *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Novyye gumanitarnyye issledovaniya*, no. 4 (39), pp. 99-104, (in Russian).

Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Heiner, E 2015, 'The significance of mathematical methods in the study of music and the training of musicians', *Universitetskiy nauchnyy zhurnal*, no. 11, pp. 103-111, (in Russian).

Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Kibitkina, EV 2012, *Musical programming: manual*, St. Petersburg, p. 195, (in Russian).

Mersenne, M 1636–1637, *Harmonie universelle*, vol. 1–2, p. 210.

'New artistic worlds. Interview with Professor RGPU. AI Herzen IB Gorbunova' 2010, *Muzyka v shkole*, no. 4, pp. 11-14, (in Russian).

Rabin, DM 1998, *Music and Computer: desktop Studio*: transl. from English, Minsk, p. 128, (in Russian).

Schweitzer, A 2005, *Johann Sebastian Bach*, Moscow, p. 560, (in Russian).

Sýchra, A 1965, *Hudba očima vědy*, Praha, p. 300.

Zalivadny, MS 2000, *Theoretical problems of computerization of musical activities (experience of complex data)*: PhD thesis abstract, St. Petersburg, p. 24, (in Russian).

Zhivaikin, PL 2004, 'Musical instrument. Prototypes and precursors', *Muzyka i elektronika*, no. 1, pp. 16-17, (in Russian).