

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

**МУЗЫКАЛЬНО-КОМПЬЮТЕРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И АУДИОВИЗУАЛЬНЫЙ
СИНТЕЗ: АКТУАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Аннотация:

В статье рассмотрены исторические предпосылки и современное состояние аудиовизуального синтеза в применении к музыкальному искусству. Определяются основные параметры синтеза, являющиеся средством эмоциональной выразительности для современного композитора и музыкального звукорежиссера и органично входящие в эстетическое отношение человека к действительности. Выявляются различные направления перспективного развития аудиовизуального синтеза в музыкальной теории и практике и в синтетических искусствах с участием музыки.

Ключевые слова:

аудиовизуальный синтез, музыкальная теория, музыкально-компьютерные технологии.

Gorbunova Irina Borisovna

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

**MUSIC COMPUTER TECHNOLOGIES
AND AUDIOVISUAL SYNTHESIS:
CURRENT STATUS
AND LONG-TERM SIGNIFICANCE**

Summary:

The article describes the historical background and the current status of the audiovisual synthesis in its application to the music art. The author considers the basic parameters of the synthesis as a means of emotional expression for contemporary composers and music sound producers, which are smoothly included in the personal aesthetic attitude to the reality. The paper reviews different areas of the prospective development of the audiovisual synthesis in the music theory and practice and the synthetic arts involving music.

Keywords:

audiovisual synthesis, music theory, music computer technologies.

Изучение композиционных средств искусства показывает, что большинство характеристик музыки и живописи, поэзии и изобразительного искусства, относящихся к данной проблематике, тесно сближаются, и можно не только говорить об их аналогии и проводить между ними параллели, но даже ставить вопрос о единстве законов их форм образования – в определенных границах. Музыкальная наука насыщена сравнениями, аналогиями и параллелями, устанавливаемыми между пространственными искусствами – живописью, скульптурой, архитектурой, с одной стороны, и временными искусствами, такими как музыка, поэзия – с другой.

В трудах многих крупных ученых своего времени в той или иной мере были отражены вопросы взаимосвязи искусств, некоторые из них предвосхищали систематические фундаментальные исследования, опережая время на века. Это в полной мере относится к научным представлениям о синестезии – теории, которая получила всестороннее развитие лишь в середине XX в. Так, например, изучение Л. Эйлером аналогий между звуком и светом не являлось рассмотрением проблемы музыкальных синестезий в прямом смысле – эти исследования тем не менее показательны как выражение присущего музыкально-теоретическим воззрениям Эйлера принципа комплексности [1; 2].

Одну из примечательных страниц истории теоретической мысли о музыке составляют опыты по моделированию музыкально-синестетических закономерностей средствами литературы и живописи. Внимание к этим закономерностям наблюдается уже на рубеже XVIII и XIX вв. у немецких писателей и художников-романтиков (Новалис, Л. Тик, Э.Т.А. Гофман, А.В. Шлегель, М. Швинд и т. д.). Однако большую известность приобрели позднейшие опыты в этом направлении, принадлежащие представителям символизма и некоторых примыкающих к нему художественных течений второй половины XIX и начала XX вв. (Ш. Бодлер, А. Рембо, П. Верлен, С. Малларме, Г. Д'Аннунцио, В. Брюсов, К. Бальмонт, М. Чюрленис, В. Кандинский и многие другие).

Перспективная значимость символистских (и романтических) прообразов комплексного теоретического музыкознания XX в. не исчерпалась с началом последующего этапа в развитии искусств. Напротив, она стала еще более очевидной во второй половине столетия в связи с развитием музыкально-компьютерных технологий (МКТ) [3; 4; 5], в ряде случаев непосредственно инспирируя исследовательские и художественно-практические эксперименты по моделированию

синестезий. Как показывает практика современной компьютерной графики и анимации, на этой основе принципиально возможно создание полноценных «виртуальных реальностей», имеющих музыку своим источником [6]. Дальнейшие перспективы рассмотрения исторических моделей музыкальных синестезий открываются благодаря более активному применению точных методов исследования в искусствознании, в частности обращению исследователей к аппарату относительно новых областей математики (теория множеств, реляционная алгебра и т. д.).

В работах Б.М. Галеева, одного из ведущих отечественных специалистов в области теории и практики светомузыкального искусства, интеграция цветовой и музыкальной динамики рассматривается с точки зрения формирования художественных образов и механизма их эстетического воздействия [7]. В число характерных составляющих техники музыкальной композиции второй половины XX в. вошли, например, микрополифонические структуры (в произведениях Я. Ксенакиса, Д. Лигети, К. Пендерещкого и т. д.), перекликающиеся с музыкальным прочтением картин художников, и культивируемая представителями института IRCAM трактовка тембра как «метафоры или модели для композиции» [8] (Ж. Лафорг «Академическое и импрессионистическое видение – полифония цвета», с. 248). Слово «синтез», например, является ключевым для понимания многих произведений, созданных композиторами XX в. К таким произведениям, в частности, можно отнести созданные Я. Ксенакисом светомузыкальные композиции «Политоп Монреаля», «Политоп Кюни», «Диатоп», светозвукоспектакли: «Персеполис», «Политоп Микен», «Тавромахия» и т. д. [8].

Проблемы, затрагивающие постановку вопросов, связанных с так называемым «цветным слухом», взаимосвязью зрительного образа и музыкальным его отображением, либо, наоборот – визуализацией музыкального произведения, психофизиологическими аспектами восприятия человеком зрительного и музыкального образа и проявления этой модели восприятия во взаимосвязи явлений природы, а также созданием специализированных исполнительских инструментов, эту связь отображающих, являлись предметом обсуждения и анализа на протяжении всего исторического пути развития искусства. Изучение разнообразных форм и проявлений музыкальных синестезий в рамках самой теории музыки, охватывающей в новых своих формах, помимо закономерностей музыкально-звуковой системы, также более широкий круг философско-эстетических, исторических и социологических аспектов музыкального мышления, занимает свое особое место. Представляют также значительный интерес работы, в которых выражена идея многогранных взаимоотношений между музыкой и художественным образом, между звуком и краской. Так, музыкантом и художником В.В. Афанасьевым, создавшим оригинальную коллекцию художественных полотен, в которых с помощью кисти и красок выражены образы, навеянные музыкальными произведениями, представлена элементарная теория аудиовизуальной композиционной техники и рассмотрены вопросы взаимопроникновения различных видов искусства и их связь с точными науками [9].

В определенный момент своего научно-практического развития возник вопрос о необходимости исследования непосредственной связи ритмической основы музыкального произведения и соразмерности (развития перспективы, ритмической композиционной основы) произведения изобразительного искусства. Исследования подобного рода в настоящий момент получают свое активное развитие, в частности благодаря возможностям МКТ. Композитором и ученым-исследователем В.С. Ульяничем с помощью компьютера UPIC было написано произведение «Звездный ветер Кассиопеи», при создании которого осуществилась идея о том, что «музыка приходила к новой форме, в которую оказался включенным зрительный ряд, но этот ряд точно соответствовал звучанию музыки, которая ощущалась как фрактальная живопись» [10, с. 7].

Как замечает художник и исследователь в области теории и истории изобразительного искусства П.А. Кудин, музыкальная форма подчиняется тем же законам, которые управляют композицией пространственных форм: «Изучение композиционных средств показывает, что большинство композиционных сторон музыки и живописи, поэзии и изобразительного искусства настолько тесно сближаются, что можно говорить не только об их аналогии и проводить между ними параллели, но даже ставить вопрос о полном единстве законов их формообразования. Задача будет во многом сводиться к тому, чтобы открыть ту среднюю, промежуточную область, в которой осуществляются преобразования одних и тех же закономерностей от одного их представления (формы проявления) к другому их виду (ипостаси). При таком подходе не будет механического переноса композиционных закономерностей из одного вида искусства на другой его вид. Одни и те же закономерности будут трансформироваться, как бы перерождаться и вырастать из соответствующей области искусства» [11, с. 7]. Ученый, в частности, отмечает что «различия способов передачи и восприятия эстетической информации этих искусств, конечно же, факторы внешние. Внутренней же их сущностью является соответствие законов построения шкал и кругов светового спектра дневного света и звукоряда. Только сравнивать их надо на основе закона построения пифагорейского звукоряда – основоположника физико-математического выражения мира звуков, во взаимодействии с законом золотого сечения» [12, с. 2].

Тот факт, что в профессиональный язык художников и музыкантов прочно и давно вошли понятия из других искусств, означает, что они наиболее полно и точно выражают такие характеристики композиции музыки и живописи, которые невозможно выразить другим способом. В работах П.А. Кудина, в частности, показано, что наличие музыкальных терминов изобразительного искусства (к примеру, звонкий цвет, цветовая гамма, красочный аккорд, приглушенная тональность, слаженность отношений, мелодическая последовательность пятен и т. д.), а терминов пространственных искусств – в музыке (например, колорит гаммы, тембровый колорит, хроматический строй, тектоника гаммы, звуковое пространство, музыкальная форма, звуковысотная линия, мелодический рисунок, пластический рисунок, тектоника музыкального произведения, архитектура музыкального звука и многие другие) – это не простой набор слов-омонимов и метафор для обогащения специфического языка искусствоведов и музыковедов. Закономерности композиции этих искусств общие, только одну их сторону можно увидеть, а другую – услышать. «Когда же они соединяются в душе композитора или художника, тогда появляются на свет, например, “Прометей” А. Скрябина, или “Над вечным покоем” И. Левитана» [13, с. 8], или аудиовизуальная этно-электронная композиция А. Пуссёра “Планетарные голоса и виды” (Voix Et Vuis Planetaires).

Значительный импульс в связи с возникновением уникальных особенностей современных электронных музыкальных инструментов и МКТ получила музыкальная композиция методом рисования, благодаря развитию которых усовершенствовался и сам процесс музыкальной композиции методом рисования. Под руководством композитора и музыковеда М.С. Заливадного был проведен ряд экспериментов по преобразованию графических структур в музыкальные построения. Источниками графических прообразов музыки служили как природные объекты (растения, горы и т. п.), так и произведения живописи и графики (например, картины М. Чюрлёниса, В. Кандинского, М. Сарьяна, китайских художников различных исторических эпох). Методика преобразований основывалась на теоретических положениях работ Э. Курта и Дж. Шиллингера о закономерностях формирования мелодии и была в ходе экспериментов распространена на многоголосие; при этом применялись различные способы звуковысотного и ритмического прочтения графики [14].

Синтез цветоколористической и музыкальной динамики органично входит в эстетическое отношение человека к действительности и является средством эмоциональной выразительности, что отражено, в частности, в мультимедийности современных компьютеров и в целом в МКТ [15; 16 и др.]. Яркий представитель современной популярной электронной и компьютерной музыки, использующий визуальное сопровождение для своих произведений, – французский композитор Ж.-М. Жарр. Его концерты оказывают как музыкальное, так и зрительное воздействие на аудиторию. Композитор широко известен как автор архитектурно-свето-музыкальных представлений на открытом воздухе (outdoor concert performance).

Активно развиваются в течение последнего десятилетия и приобретают обозримые черты своей художественно-эстетической однозначности, дополняя музыкальный звуковой контент, аудиовизуальные искусства, где музыка является органичным элементом синестетического пространства. «Аудиовизуальные средства открыли большой простор для самовыражения множества ярких творческих личностей, обращающихся к известным музыкальным или музыкально-сценическим произведениям, – пишет музыковед Л.П. Казанцева. – Идя по пути интерпретирования классики новыми техническими средствами (в радио- и ТВ-постановках опер, оперетт, балетов), союз искусства и прогрессивных технологий привел к зарождению жанров радио-оперы, фильма-оперы (“Моя Кармен” Б. Окунцева на музыку Ж. Бизе, “Мадам Батерфлай” Фр. Миттерана на музыку Дж. Пуччини), фильма-балета («Евгений Онегин» Дж. Блэктона на музыку П. Чайковского), фильма-мюзикла (“Мулен Руж” Б. Лурмана, “Чикаго” Р. Маршала); оперы-балета и мюзикла – мультипликационного и телевизионного; видеоклипа. Перспективность этих жанров, демонстрирующих новые, современные ракурсы известной музыки, позволяет также творцам создать в них оригинальную музыку и тем самым сказать свое слово в искусстве» [17, с. 38].

Находясь в рамках цифрового искусства, музыкальное искусство приобретает новые направления своего развития, связанные с наиболее творческими сферами приложения (технологии создания виртуальной реальности и т. д.). Так, благодаря программным и аппаратным средствам МКТ становится возможным создавать «перформансы» 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.). «В области преобразования звука в изображения накоплен уже немалый опыт экспериментов с использованием самых различных технологий. Следует отметить, – пишет композитор и педагог М.Г. Светлов, – что полное различие этих двух медиа с точки зрения и физики, и человеческого восприятия, а также новые возможности компьютерных технологий побуждают искать какие-то новые способы взаимодействия звука и изображения, нежели разного рода визуализации звука или аурализации изображения» [18, с. 131].

Теория синтеза искусств выражается, в частности, через аудиовизуальную модальность и представляет единую художественную реальность, выражающую «первозданную целостность Природы». Аудиовизуальные композиции, где звуковая, визуальная и вербальная составляющие не соединены механически, а представляют собой единое неделимое целое, по представлениям композиторов, работающих в данном жанре, – это еще один вид современного музыкального искусства. «Планетарные виды и голоса» бельгийского композитора А. Пуссёра, созданные им при участии поэта М. Бютора, художника-анималиста Э. Баньоли, – одно из ярких явлений современной музыкальной синкретической культуры. Все три составляющие – звуковая, визуальная и вербальная – не соединены механически, а представляют собой неделимое целое: «В результате ни музыка, ни изобразительный ряд не выступают во вспомогательной, второстепенной роли. Видеоряд не является наивной иллюстрацией, музыка не служит фоновым сопровождением к зрительным и поэтическим образам, текст становится органичной частью и звукового, и визуального потоков. Наложение параллельных содержательных пластов порождает в сознании “зрителя-слушателя” новые смыслы, создает объемный, цельный образ, и мы наблюдаем рождение некоего единого видео-музыкально-поэтического целого, все компоненты которого равноценны и слиты настолько, что не могут существовать по отдельности» [19, с. 2].

Композитор и теоретик музыки А.Л. Рыбников высказал идею создания «новой концепции звукового пространства» – музыкально-драматических произведений как своего рода электронных музыкальных спектаклей: «Это касается прежде всего музыкально-драматических произведений, записываемых на компактные диски – своего рода электронных музыкальных спектаклей. Такие диски “читаются” как звуковые книжки <...> Жанр аудио-музыкально-драматического спектакля оказался очень интересным. У него хорошие перспективы» [20, с. 4]. Данное направление, существовавшее до недавнего времени как спонтанное художественное явление, которое было представлено экспериментальными работами отдельных авторов, начинает занимать определенные позиции не только в жизни музыкальной и в целом творческой «элиты», но и в современной системе художественного образования, что активно выражено, например, в медиаобразовании.

Взаимоотношения между музыкой и более широкой категорией «искусства звуков» составляют одну из активно обсуждаемых проблем современных научных исследований в области музыкальной композиции. Несомненно, однако, что новая музыкально-историческая ситуация прояснила значение музыки как знаковой системы и способствовала также изучению взаимодействия между различными типами знаковости в музыкально-исторической традиции. Вместе с этим интенсивное развитие современного искусствоведения, вопросы дальнейшего совершенствования методологии композиционного анализа произведения искусства «все острее выдвигают проблему всесторонней теоретической разработки композиционных средств, выяснения их “художественно-психологической структуры”. В изобразительном искусстве гармония исследовалась явно недостаточно. Возможно, это происходит потому, что еще неотчетливо сформировались подходы к раскрытию эстетической реакции человека, основанные на использовании экспериментально-психологических методов» [21, с. 35]. А.В. Шубников, который занимался фундаментальными исследованиями в области теории групп и ее приложениями к различным видам творчества, заметил, что людям искусства «ненавистны слова: закон, порядок, симметрия, геометрия; они больше любят слова: гармония, красота, стиль, ритм, единство, хотя смысл этих последних слов едва ли чем существенным отличается от смысла первых. Но дело, конечно, не в словах: суть неприязни искусства к науке лежит в убеждении, что до конца раскрытый закон вносит будни в поэзию. Может быть, отчасти это и так, но, вернее, что это совсем не так: наслаждаться искусством может только тот, кто подготовлен ощущать и, по возможности, понимать его законы» [22, с. 238].

Интерактивная музыка, аудиовизуальные инсталляции и перформансы – новое художественно-творческое явление. Авторы и исполнители такой музыки для реализации своих художественных идей создают собственный оригинальный инструментарий, позволяющий им в рамках своих представлений осуществлять взаимодействие с музыкальным 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 исполнителем, так и различного рода интерфейсы – сенсоры и контроллеры, позволяющие передавать информацию от исполнителя к компьютеру. Часто используются стандартные интерфейсы, являющиеся неотъемлемой частью компьютера, – клавиатура, мышь, микрофон, веб-камера, MIDI-клавиатура.

МКТ-инструментарий обладает разнообразными новыми свойствами, дающими исполнителю возможность пережить опыт уникального управления музыкальным материалом. «Например, с помощью видеокамеры, – пишет М.Г. Светлов, – музыка может рождаться как бы из ничего, без касания с каким-либо звучащим телом. Такой принцип использовался еще при создании терменвокса,

однако современные цифровые технологии позволяют создавать системы более точного управления материалом, а также использовать более разнообразные тембры. Компьютер может выступать и в роли своеобразного партнера по ансамблю, с помощью звукозаписи или MIDI-секвенсера повторяя или развивая материал, сыгранный исполнителем, в то время как исполнитель переходит к исполнению других музыкальных тем или игре на других музыкальных инструментах. «Расшифровка» музыкального материала в реальном времени позволяет с помощью музыки управлять различными параметрами изображения, анимации. Алгоритмы такого взаимодействия и управления практически ничем не ограничены. Таким образом, изображение становится как бы еще одним полифоническим слоем музыкального или аудиовизуального произведения» [23, с. 132].

Подобные эксперименты имеют большое значение не только для профессионального искусства, но и для музыкального образования, когда новый инструментальный адаптируется для развития различных музыкальных навыков и стимулирует творческую активность обучаемых, которые становятся первыми исполнителями на создаваемом педагогами во взаимодействии с учащимися интерактивном МКТ-инструментарии [24; 25; 26].

Мы живем в эпоху утверждения эры цифровой цивилизации, а вместе с тем – смены возможностей и средств обучения искусству, музыкальному искусству в частности. В художественной сфере произошли кардинальные перемены, возникли новые творческие направления: «цифровые искусства», distant reading, digital reading (термин Ф. Моретти), «музыкально-компьютерные технологии», «медиамузыка» (термин А.В. Чернышова), «медиаобразование» и другие, требующие совместных исследований гуманитариев и специалистов в области цифровых технологий.

Стремительное развитие художественно-технического инструментария музыкальной звукорежиссуры, в частности технологий создания трехмерного звука, и необходимость разработки методов их эффективного использования в процессе создания звуковых составляющих комплексного художественного образа – комплексной модели семантического пространства музыки [27] – являются органической частью формирования пространственных свойств «звуковой картины» (термин В.Г. Динова) пространства. Акустические процессы часто оказывают определяющее влияние на различные аспекты творческой деятельности музыканта, композитора, звукорежиссера.

Исследование связи слуховой оценки пространства с его объективными свойствами, осуществление успешного в эстетическом отношении предиктивного контроля акустических качеств пространства и классификация факторов, отвечающих за формирование слуховых ощущений слушателя от прослушивания музыкального материала в различных акустических условиях, являются новым этапом на пути развития искусства музыкальной звукорежиссуры, отражающим современное состояние развития МКТ, поскольку позволяют понять глубинные принципы формирования звукового образа пространства, удовлетворяющего высоким эстетическим оценкам, и могут служить ориентиром в творческой деятельности современного музыканта и звукорежиссера в процессе создания музыкальных композиций.

А. Рустапов показал, что, коррелируя субъективные оценки трехмерных синтезированных образов пространств, созданных с применением технологии аурализации (критерии: жизненность, ширина источника, окружение звуком, ясность, теплота звучания и т. д.), с их объективными акустическими параметрами, можно наблюдать те же тенденции, что и для оценки акустических качеств реальных пространств [28]. Это означает, что, моделируя объективные корреляты этих параметров, можно формировать необходимые качества синтезированного звукового образа пространства [29; 30; 31]. В эпоху становления МКТ А.В. Чернышов обобщил практический, исторический и теоретический опыт музыкального творчества в СМИ. Обозначив проблематику современных электронных медиа, ученый разработал новое направление в искусствоведении – медиамузыку, которое затронуло как сугубо информационные формы средств массовой информации, так и новые художественные жанры, связанные с развитием цифровых искусств.

Современные аудиовизуальные технологии, МКТ и соответствующие прикладные исследования, определяемые возможностями аудиовизуального синтеза в музыкальном искусстве, иллюстрируют широкий спектр новых музыкально-теоретических направлений в науке о музыке, способствуют объединению разных уровней музыкальной семантики [32; 33; 34]. В учебных пособиях [35; 36; 37; 38; 39; 40] анализируются параметры аудиовизуального синтеза, являющиеся средством эмоциональной выразительности для современного композитора и музыкального звукорежиссера; рассматриваются различные направления использования синтеза в музыкальной теории и практике и в синтетических искусствах с участием музыки.

Ссылки:

1. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О теории музыки Л. Эйлера // Современное музыкальное образование 2007–2008 : материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2008. С. 157–164.

2. 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.
3. Горбунова И.Б. Феномен музыкально-компьютерных технологий как новая образовательная творческая среда // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2004. № 4 (9). С. 123–138.
4. Горбунова И.Б. Музыкально-компьютерные технологии – новая образовательная творческая среда // Universum: Вестник Герценовского университета. 2007. № 1. С. 47–51.
5. 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». Казань, 2013. С. 7–12.
6. Горбунова И.Б., Камерис А. Концепция музыкально-компьютерного образования в подготовке педагога-музыканта: монография СПб., 2011. 115 с.
7. Галеев Б.М. Проблема синестезии в искусстве // Искусство светящихся звуков. Казань, 1973. С. 67–88.
8. Подробнее см., например: 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.
9. Afanasiev V. Sound-Colour Musical Structure: An Elementary Theory of Audio-Visual Stimuli., Saint-Petersburg, 2006. 86 с.
10. Ульянич В.С. Компьютерная музыка и освоение новой художественно-выразительной среды в музыкальном искусстве : автореф. дис. ... канд. искусств. М., 1997. 24 с.
11. Кудин П.А. Пропорции в картине как музыкальные созвучия. СПб., 1997. 68 с.
12. Там же.
13. Там же.
14. Заливадный М.С. Применение закономерностей слухо-зрительных синестезий в композиции и анализе музыки // Синестезия: содержание чувств и синтез искусств : материалы междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2008. С. 156–159.
15. 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.
16. Горбунова И.Б. Информационные технологии в художественном образовании // Философия коммуникации: интеллектуальные сети и современные информационно-коммуникативные технологии в образовании / под ред. С.В. Клягина, О.Д. Шипуновой. СПб., 2013. С. 192–202.
17. Казанцева Л.П. Музыкальное произведение в современной аудиовизуальной среде: личный аспект // Современные аудиовизуальные технологии в художественном творчестве и образовании : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2006. С. 34–38.
18. Светлов М.Г. Системы искусственного интеллекта в интерактивной музыке, аудиовизуальных перформансах // Современное музыкальное образование – 2010 : материалы междунар. науч.-практ. конф. (1–3 декабря 2010 г.). СПб., 2011. С. 135–141.
19. Медкова М. Пуссеробютория, или Птицы, мадонны и мифы электроакустического Вагнера // Музыка и электроника. 2007. № 2. С. 2–3.
20. Интервью А.Л. Рыбникова // Музыка и электроника. 2006. № 2. С. 3–4.
21. Кудин П.А. Указ. соч.
22. Шубников А.В., Копчик В.А. Симметрия в науке и искусстве. М. ; Ижевск, 2004. 560 с.
23. Светлов М.Г. Указ. соч.
24. Горбунова И.Б., Кибиткина Э.В. Музыкальное программирование: вопросы подготовки специалистов // Искусство и образование. 2010. № 5 (67). С. 104–111.
25. Белов Г.Г., И.Б. Горбунова, Горельченко А.В. Музыкальный компьютер (новый инструмент музыканта) : учеб. пособие для 10–11 классов общеобразовательных учреждений. Победитель конкурса по созданию учебной литературы нового поколения для средней школы, проводимого НФПК – Национальным фондом подготовки кадров и Министерством образования РФ. СПб., 2006. 212 с.
26. 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.
27. См., например: Рустамов А.Р. Звуковой образ пространства в структуре художественного языка звукорежиссуры : дис. ... канд. искусств. СПб., 2013. 195 с.
28. Там же.
29. См., например: Горбунова И.Б., Чибирёв С.В. Музыкально-компьютерные технологии: к проблеме моделирования процесса музыкального творчества: монография. СПб., 2012. 160 с.
30. См., например: Горбунова И.Б., Чибирёв С.В. Компьютерное моделирование процесса музыкального творчества // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. № 168. С. 84–93.
31. См., например: Горбунова И.Б., Заливадный М.С., Кибиткина Э.В. Основы музыкального программирования : учеб. пособие. СПб., 2012. 195 с.
32. 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 / Санкт-Петербургский университетский консорциум. 2014. № 8. С. 238–249.
33. 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. 39–48.
34. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. О математических методах в исследовании музыки и подготовке музыкантов // Проблемы музыкальной науки. 2013. № 1 (12). С. 272–276.
35. Горбунова И.Б., Заливадный М.С. Информационные технологии в музыке. Т. 4: Музыка, математика, информатика : учеб. пособие. СПб., 2013. 180 с.
36. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 1: Архитектоника музыкального звука : учеб. пособие. СПб., 2009. 175 с.
37. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 2: Музыкальные синтезаторы : учеб. пособие. СПб., 2010. 205 с.
38. Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 3: Музыкальный компьютер : учеб. пособие. СПб., 2011. 412 с.
39. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерная музыка. Т. 1: Компьютерное музыкальное творчество : учеб. пособие. СПб., 2013. 215 с.
40. Горбунова И.Б., Панкова А.А. Компьютерное музыкальное творчество: теория и практика. Saarbrücken, Germany. 2014. 133 с.

References:

1. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2008, 'About music theory of Euler', *Modern music education 2007-2008: Proceedings of the international scientific and practical conf.*, St. Petersburg, p. 157-164.
2. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2012a, 'Musical-theoretical views of Leonhard Euler: relevance and prospects', *Herald of Leningrad State University named after AS Pushkin*, no. 4 (vol. 2), p. 164-172.
3. Gorbunova, IB 2004, 'Phenomenon of Music technology as a new educational creative environment', *News of RSPU AI Herzen*, no. 4 (9), p. 123-138.
4. Gorbunova, IB 2007, 'Music technology - a new educational creative environment', *Universum: Bulletin of the Herzen University*, no. 1, p. 47-51.
5. Gorbunova, IB 2013, 'Music technology in the modern musical upbringing and education', *Pedagogy and psychology, culture and the arts: Proceedings of the VII Intern. scientific and practical conf. "Pedagogy and psychology, culture and the arts: general and special problems of liberal education"*, Kazan, p. 7-12.
6. Gorbunova, IB & Kameris, A 2011, *Concept Music and Computer Education in preparing teacher-musician: monograph*, St. Petersburg, 115 p.
7. Galeev, BM 1973, 'The problem of synesthesia in art', *Art luminous sounds*, Kazan, p. 67-88.
8. For details, see, i.e.: Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2012b, 'Experience mathematical representation of musical and logical laws in the book of J. Xenakis' Formalized Music', *Society. Wednesday. Development*, no. 4 (25), p. 135-139.
9. Afanasiev, V 2006, *Sound-Colour Musical Structure: An Elementary Theory of Audio-Visual Stimuli.*, Saint-Petersburg, 86 p.
10. Ulyanich, VS 1997, *Computer music and the development of new artistic and expressive medium in music*, PhD thesis abstract, Moscow, 24 p.
11. Kudin, PA 1997, *The proportions in the picture as musical harmonies*, St. Petersburg, 68 p.
12. Kudin, PA 1997, *The proportions in the picture as musical harmonies*, St. Petersburg, 68 p.
13. Kudin, PA 1997, *The proportions in the picture as musical harmonies*, St. Petersburg, 68 p.
14. Zalivadny, MS 2008, 'Application of the laws of the auditory-visual synaesthesia in composition and analysis of music', *Synaesthesia: commonwealth feelings and synthesis of the arts: Proceedings of the international scientific and practical conf.*, Kazan, p. 156-159.
15. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013, 'Music technology as a factor in the formation of professional competence of the modern musician-teacher', *Herald of the Irkutsk State Technical University*, no. 12 (83), p. 390-395.
16. Gorbunova, IB 2013, 'Information technologies in art education philosophy', *Communications: intelligent networks and modern information and communication technologies in education*, St. Petersburg, p. 192-202.
17. Kazantseva, LP 2006, 'Music in modern audiovisual medium: the personal aspect', *Modern audiovisual technologies in art and education: Materials of III All-Russian scientific and practical conf.*, St. Petersburg, p. 34-38.
18. Svetlov, MG 2011, 'Artificial intelligence systems in interactive music, audiovisual performances', *Modern music education - 2010: Proceedings of the international scientific and practical conf. (1-3 December 2010)*, St. Petersburg, p. 135-141.
19. Medkova, M 2007, 'Pusserobyutory, or birds, Madonna and myths electroacoustic of Wagner', *Music and Electronics*, no. 2, p. 2-3.
20. 'Interview of AL Rybnikov' 2006, *Music and Electronics*, no. 2, p. 3-4.
21. Kudin, PA 1997, *The proportions in the picture as musical harmonies*, St. Petersburg, 68 p.
22. Shubnikov, AV & Koptsik, VA 2004, *Symmetry in science and art*, Moscow, Izhevsk, 560 p.
23. Svetlov, MG 2011, 'Artificial intelligence systems in interactive music, audiovisual performances', *Modern music education - 2010: Proceedings of the international scientific and practical conf. (1-3 December 2010)*, St. Petersburg, p. 135-141.
24. Gorbunova, IB & Kibitkin, EV 2010, 'Music programming: issues of specialist training', *Art and Education*, no. 5 (67), p. 104-111.
25. Belov, GG, Gorbunova, IB & Gorelchenko, AV 2006, *Musical computer (new tool musician): textbook*, St. Petersburg, 212 p.
26. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2014, 'Creative project in learning computer science students-musicians (in terms of pedagogical high school)', *Herald of the Irkutsk State Technical University*, no. 3 (86), p. 214-221.
27. See, i.e.: Rustamov, AR 2013, *Sound image of the space in the structure of the artistic language of sound design*, PhD thesis, St. Petersburg, 195 p.
28. See, i.e.: Rustamov, AR 2013, *Sound image of the space in the structure of the artistic language of sound design*, PhD thesis, St. Petersburg, 195 p.
29. Gorbunova, IB & Chibiryov, SV 2012, *Music technology: the problem of modeling the process of musical creation: monograph*, St. Petersburg, 160 p.
30. See, i.e.: Gorbunova, IB & Chibiryov, SV 2014, 'Computer simulation of the process of musical creation', *News of RSPU AI Herzen*, no. 168, p. 84-93.
31. See, i.e.: Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Kibitkin, EV 2012, *Fundamentals of musical programming*, St. Petersburg, 195 p.
32. Gorbunova, IB, Zalivadny, MS & Tovpich, IO 2014, 'Integrated model of semantic space of music and musical perspectives of interaction of science and contemporary music education', *Scientific opinion*, Saint-Petersburg University Consortium, no. 8, p. 238-249.
33. Gorbunova, IB, Romanenko, LY & Rodionov, PD 2013, 'Music technology in the formation of information competence of the modern musician', *Scientific and technical bulletin of the St. Petersburg State Polytechnic University. Humanities and social sciences*, no. 1 (167), p. 39-48.
34. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013, 'Mathematical methods in the study of music and musicians prepare', *Problems of musical science*, no. 1 (12), p. 272-276.
35. Gorbunova, IB & Zalivadny, MS 2013, *Information technology in music. Vol. 4: Music, Mathematics, Computer Science*, St. Petersburg, 180 p.
36. Gorbunova, IB 2009, *Information technology in music. Vol. 1: The architectonics of musical sound*, St. Petersburg, 175 p.
37. Gorbunova, IB 2010, *Information technology in music. Vol. 2: Music Synthesizers*, St. Petersburg, 205 p.
38. Gorbunova, IB 2011, *Information technology in music. Vol. 3: Computer Music*, St. Petersburg, 412 p.
39. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2013, *Computer music. Vol. 1: Computer musical creativity*, St. Petersburg, 190 p.
40. Gorbunova, IB & Pankova, AA 2014, *Computer musical creativity: theory and practice*, Saarbrücken, Germany, 133 p.