Э.Б.АБДУЛЛАЕВ
Магистрант кафедры «Промышленный дизайн», направление цифровое искусство и дизайн МГХПА им С.Г. Строганова
e-mail: weartsoft@yandex.ru

E.B. ABDULLAYEV
Master-degree student of the department of Product design, direction Digital Art and Design of the Stroganov Academy (MGHPA)
e-mail: weartsoft@yandex.ru

ЦВЕТОЗВУКОВАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ И КОЛОРИСТИЧЕСКИХ ГАРМОНИЙ (НА ОСНОВЕ 12-ТИ ЧАСТНОГО КРУГА)

COLOR-SOUND MODEL OF THE INTERACTION OF MUSICAL AND COLOR HARMONIES (BASED ON THE TWELVE SEGMENT CIRCLE)

В статье рассматриваются принципы построения модели соотношения цвета и звука, роль звукочастотного фактора в доминировании и классификации цветового спектра. Исследованы комбинации цветовых сочетаний в проекции на систему музыкального звукоряда, интервалов, трезвучий и аккордов. Автором предпринята попытка структурировать в графическом изображении музыкальную ткань с учётом временных и звуковысотных критериев

The article discusses principles of the construction of a model of sound and color correlations, role of the sound frequency factor in the dominance and classification of the color spectrum is proved. The combinations of color combinations in the projection on the system of musical scale, intervals, triads and chords are investigated. The author makes an attempt to structure the musical fabric in the graphic image taking into account time and sound-pitch criteria.

Ключевые слова: дизайн, искусство, цвет, звук, Пифагор, Скрябин, электромагнитное излучение, спектр, аккорд, звукоряд, пространство.

Keywords: design, art, color, sound, Pythagoras, Scriabin, electromagnetic radiation, spectrum, chord, scale, space.

Мы часто задаёмся вопросом: можно ли увидеть музыку, представить, как она выглядит по своей структуре, форме в пространстве, цвету? Можно ли попробовать услышать живописную цветную картину, услышать в звуке наш окружающий мир, буйство красок природы, в конечном итоге, иначе посмотреть на этот мир? Ведь иное видение всегда даёт, новое представление о, казалось бы, давно привычных вещах. Многие музыканты, поэты, учёные, философы, физики, математики на разных этапах исторического развития человеческой цивилизации, задавались вопросом — существует ли взаимосвязь между цветом и звуком, какое влияние оно оказывает на нас с вами, и куда ведут эти истоки?

Все задействованные процессы в природе имеют колебательный характер. Звук, свет — волна. Человек воспринимает всё, что вокруг него происходит в качестве колебательных процессов. И от восприятия этих колебаний, человек, как и всё вокруг него настраивается на свою определённую индивидуальную частоту согласно отведенной ей мере «триединство: материя, информация, мера» [1] (рис. 1).

Древнегреческий философ Аристотель в своём трактате «О душе» утверждал, что музыкальные созвучия подобны цветовым сочетаниям [2]. Великий математик и древнегреческий философ Пифагор по легенде слышал музыку сфер, что были определёнными звуковыми колебаниями, исходящими от планет, звёзд, а вместе созвучно образовывали божественную гармонию – Мнемосину [3]. В XVIII веке учёный-монах Луи Бертран Кастель спроектировал «Цветной клавесин», на котором якобы можно было создавать музыку с помощью цвета [5]. Вопросы синестезии всё чаще и чаще будоражат умы передовых умов прогрессивных учёных своего времени. О хромостезии (цветном слухе) — типе синестезии при котором слышимые звуки, вызывают образы и ассоциации цвета у человека говорит многое. Явление цветового видения музыки обнаруживали в своё время у себя великие выдающиеся музыкальные деятели, к числу которых можно отнести русского композитора Н.А.Римского-Корсакова, А.Н. Скрябина, советских музыкантов Б.В.Асафьева, А.А.Кенелью и др. Все вышеперечисленные деятели все тональности мажора и минора видели окрашенными в определённые цвета, например, для Римского-Корсакова ре-мажор (D-dur) имел золотистый оттенок и вызывал всегда ощущение

радости и света, для Асафьева он ассоциировался и окрашивался в цвет изумрудно газонной зелени.

Ре-бемоль мажор (Des-dur) представлялся Римско-му-Корсакову темноватым и более тёплым, Кенелю — лимонно-жёлтым, Асафьеву — красным заревом. Скрябин видел ноты в своих цветах, и составил свою палитру цвета нот [8] (рис. 2).

Как видим, каждый из музыкантов видели в музыкальных звуках своё субъективное отражение цвета. Возникает правомерный вопрос, на что можно опираться в этом вопросе? Ведь, по сути у каждого человека формируется своё представление о цвете и его палитре, своё восприятие, и мнение на этот счёт. Так или иначе, наше физиологическое состояние диктует наши вкусы, и предпочтения. В данном контексте нам нужен более комплексный и алгоритмический подход.

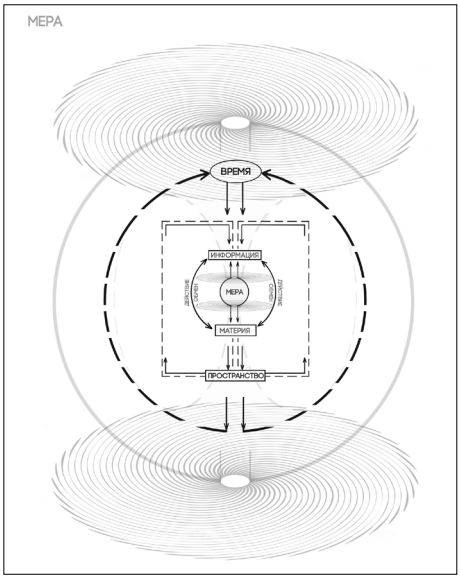


Рис. 1. Интерпретация основных информационных, физических и структурных процессов триединства. (Взаимозависимость, взаимовложенность, цикличность)

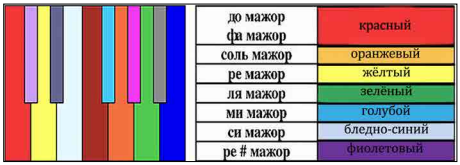


Рис. 2. Схема цветотональности нот А.Н.Скрябина

Обратимся к физическим особенностям звука и цвета.

Звук как физическое явление, есть распространение в твёрдой, жидкой или газообразной среде упругих волн и механических колебаний. Данные колебания в свою очередь воспринимаются органами чувств как человека, так и животного мира. Как и в любой волне, звуку характерна своя амплитуда колебания и спектр частот. Причём, обычный человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 16-20 Гц, (низкие) до 15-20 000 Гц. (высокие). Звук ниже диапазона порога слышимости человека называется инфразвуком, выше до 1 ГГц

— ультразвуком, от 1 ГГц — гиперзвуком.

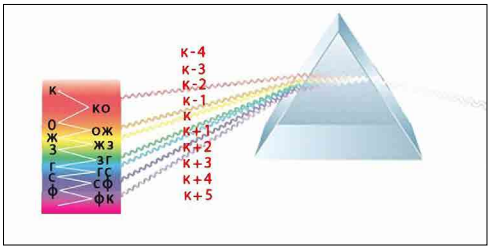


Рис. 3. Дисперсия света в трехгранной призме

Свет так же имеет своё звучание, изначально являясь волной (спиралью), имеет определённую частоту. В отличие от слышимого нами звука — в интенсивности и по высоте звучания, свет измеряется в терагерцах (ТГц) т.е. в герцах, умноженных на 10 в 12 степени. Спектр видимого света напрямую зависит от его исходящей частоты. По сути, свет является ультразвуком огромной интенсивности, так как любая волна (спираль) имеет своё количество циклов и колебаний в секунду, свою амплитуду (громкость). Так дисперсия — белый свет (цвет) состоит из всех остальных цветов, включает их в себя. И если пропустить луч белого света (цвета) сквозь прозрачную призму, то она (призма) разложит этот луч (свет) на гамму составляющих его цветов на основе которого и получается спектр (рис. 3). Делаем вывод, что каждой ноте и цвету соответствует определённая частота. В данной связи важно рассматривать их не хаотично, а в определенном систематизированном едином подходе. Решение которого издавна представляет камертон (нем. kammerton — «комнатный звук») — инструмент для фиксации и воспроизведения эталонной высоты звука. В исполнительской практике он применяется для настройки музыкальных инструментов, хористов и др.

Как известно, издающийся камертоном звук присвоен ноте «ля», от неё идёт последующая настройка остальных звуковых высот. Камертон даёт каждому музыканту отправную точку отсчёта для настройки любого инструмента. За основу берётся нота «ля» первой октавы, частота которой должна быть равной 440 Гц (т. н. А440 — современный эталон высоты, стандарт ISO 16). В свою очередь цвет измеряется в герцах. А зная какая нота может быть представлена в герцах мы можем узнать какого цвета она будет в терагерцах. Она представлена в следующей таблице (см. рис. 4). А взаимосвязь частот звука и цвета мы представили в следующей таблице (см. рис. 5).

Древнегреческий ученый Пифагор математически обосновывал свою теорию о взаимосвязи цвета и звука, что позволило ему вывести

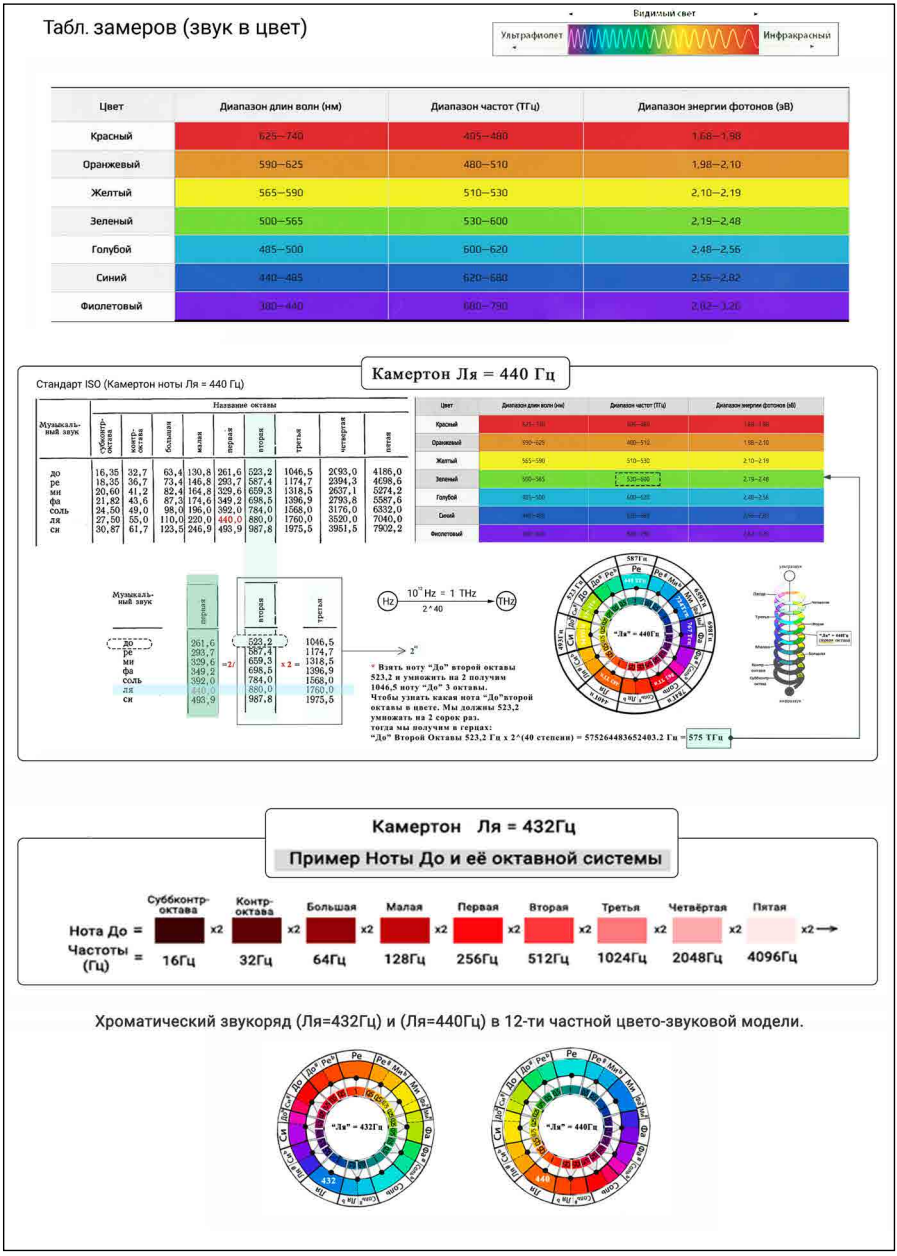


Рис.4. Соотношение длин волн и их слуховой и зрительной интерпретации

своеобразное «золотое сечение» в музыке — частоту, что соответствует гармонии Вселенной [6]. Как ни удивительно, это числовое значение приравнивается камертону ноты «Ля»-432 Гц (в современных единицах). Известно, что до 1953 года все музыкальные инструменты настраивались на данную частоту. Организация ISO [7] в 1953 году приняла уже новый стандарт, где строй «Ля» — представлен 440 герцами, по которым сегодня должны ориентироваться и следовать производители музыкальных инструментов, настройщики при настройке музыкальных инструментов и музыканты исполнители.

В чём существенная разница между настройками частот 432 и 440 Гц? Как она влияет на отражение цвета и звука, хотя разница между ними едва заметна? Однако, давайте попробуем рассмотреть это наглядно (см. таблицу частот 432 и 440 Гц на рис. 6).

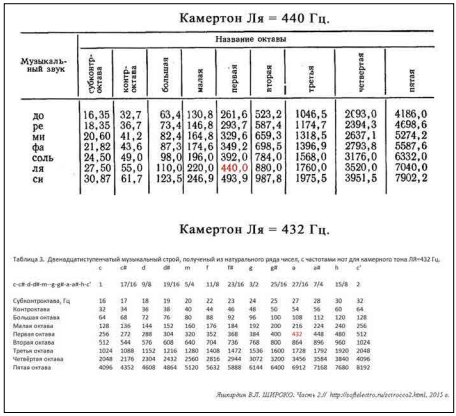
Как видим, если взять за основу стандарт — 440 Гц, то мы получаем:

Нота «До» 523,251 Гц х 2,40 = 575,320 ГГц = 521,087 nm, смотрим на (рис. 5) — жёлто зелёный, зелёный.

В Вердиевском строе (название от имени великого итальянского композитора Дж.



Рис. 5. Взаимосвязь частот звука и цвета (пример вычисления камертон ноты Ля = 440 Гц).



Камертон Ля = 440 Гц.

Музыкальный звук	Название октавы: субконтроктава	контроктава	большая	малая	первая	вторая	третья	четвертая	пятая
до	16,35	32,7	63,4	130,8	261,6	523,2	1046,5	2093,0	4186,0
ре	18,35	36,7	73,4	146,8	293,7	587,4	1174,7	2394,3	4698,6
ми	20,60	41,2	82,4	164,8	329,6	659,3	1318,5	2637,1	5274,2
фа	21,82	43,6	87,3	174,6	349,2	698,5	1396,9	2793,8	5587,6
соль	24,50	49,0	98,0	196,0	392,0	784,0	1568,0	3176,0	6332,0
ля	27,50	55,0	110,0	220,0	440,0	880,0	1760,0	3520,0	7040,0
си	30,87	61,7	123,5	246,9	493,9	987,8	1975,5	3951,5	7902,2

Камертон Ля = 432 Гц.

Таблица 3. Двенадцатиступенчатый музыкальный строй, полученный из натурального ряда чисел, с частотами нот для камертона ноты *Ля*=432 Гц.

	c	c#	d	d#	m	f	f#	g	g#	a	a#	h	c'
c-c#-d-d#-m--g-g#-a-a#-h-c'	1	17/16	9/8	19/16	5/4	11/8	23/16	3/2	25/16	27/16	7/4	15/8	2
Субконтроктава, Гц	16	17	18	19	20	22	23	24	25	27	28	30	32
Контроктава	32	34	36	38	40	44	46	48	50	54	56	60	64
Большая октава	64	68	72	76	80	88	92	96	100	108	112	120	128
Малая октава	128	136	144	152	160	176	184	192	200	216	224	240	256
Первая октава	256	272	288	304	320	352	368	384	400	432	448	480	512
Вторая октава	512	544	576	608	640	704	736	768	800	864	896	960	1024
Третья октава	1024	1088	1152	1216	1280	1408	1472	1536	1600	1728	1792	1920	2048
Четвёртая октава	2048	2176	2304	2432	2560	2816	2944	3072	3200	3456	3584	3840	4096
Пятая октава	4096	4352	4608	4864	5120	5632	5888	6144	6400	6912	7168	7680	8192

Виктория В.П. ШИРОКО. Часть 2.// http://buffalentro.ru/cerrocco2.html, 2015 г.

Рис. 6. Частотная организация звукового ряда в Пифагорейском стандарте (строе) (камертон ноты Ля = 432 Гц) и принятом международном стандарте ISO (камертон ноты Ля = 440 Гц)

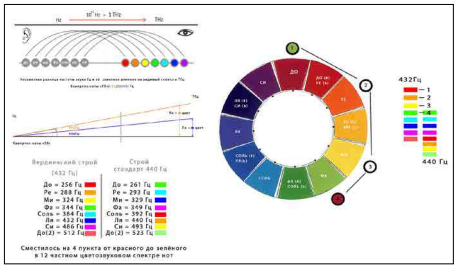


Рис. 7. Изменение цветовой интепретации нот в результате смещения цветов на 4 пункта в международном стандарте (частота 432 Гц и 440 Гц)

Верди) 432 Гц, нота «До» это красный цвет. Это едва заметная разница частоты звука Гц и её влияние на спектр в ТГц, камертон ноты «Ля» (432), (440) Гц. (рис. 7). Следует отметить, что все цвета и оттенки человека в силу своих физиологических особенностей организма не способны увидеть, так же, как и услышать звуки, что выходят за пределы человеческого порога слышимости. Диапазон слышимости и видимости звука и цвета наглядно в данном случаи следующий рисунок (см.рис. 8).

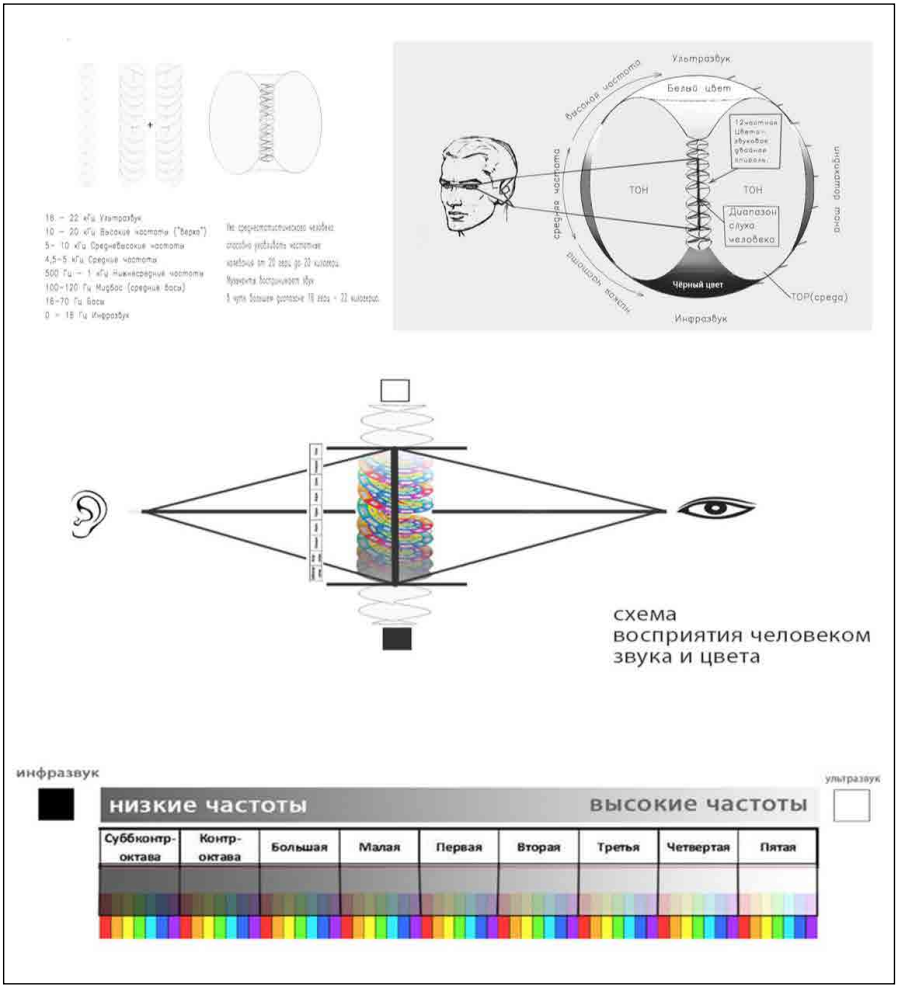
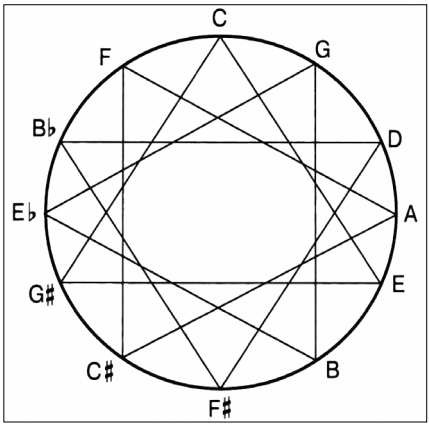


Рис. 8. Пространственная модель соотношения звуковых частот и частот видимого спектра

Из вышеперечисленного следует, что должен быть сформирован единый подход, который в свою очередь позволит обойти цветовые сочетания, и направить ориентацию на визуальную геометрию и симметрию. В этом нам снова поможет Пифагор. Ученый в своё время решил стандартизировать и структурировать музыкальный строй. Для этого он вписал ноты в круг, и уже на этой основе выстраивая геометрию, проверял гармонии аккордов и их комбинаций, которую мы сегодня и называем кругом Пифагора (см. рис. 10).

Мы же в своём исследовании попытались рассмотреть взаимодействия музыкальных и колористических гармоний на основе дифференцированного 12-ти частного круга на основе пифагорейского строя (432 Гц). 12 нот (октава, делённая на 21 частотных интервала) соединяли в себе 12 цветов (21 цветовых интервалов) по камертону «Ля»-432 Гц. (см. рис. 9).

Мы имеем ноту и соответствующий ей цвет. Одной из задач исследования стала проверка сочетаний цветов, выраженных через комбинации нот в аккордах, и их геометрическая интерпретация в формах, вписанных в окружность цветового круга. и через вписанную геометрию в данную окружность. Построения выявили геоме-



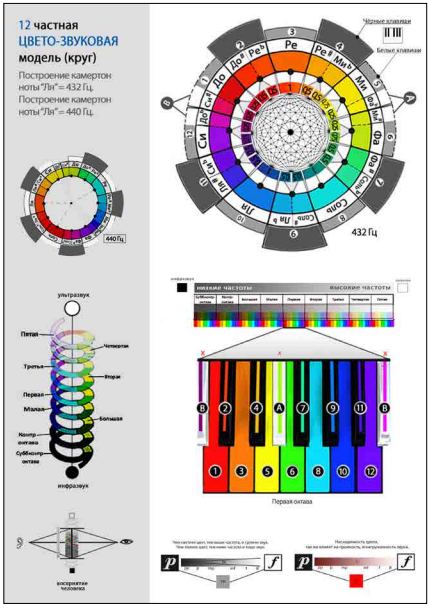
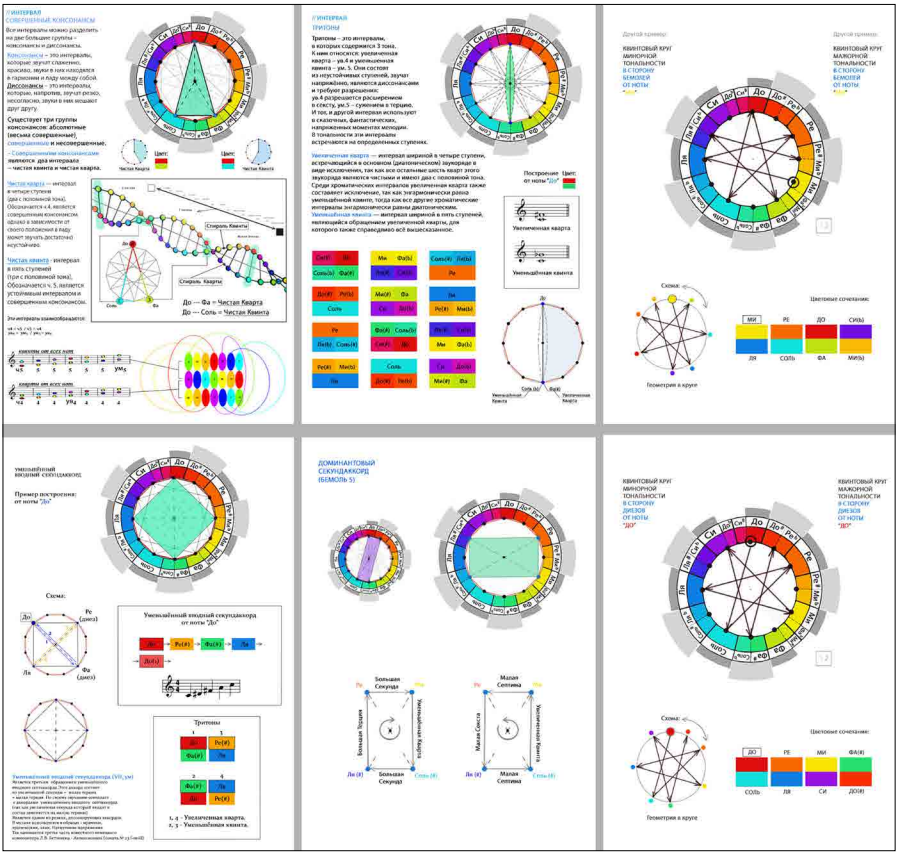


Рис. 9. 12-ти частная цвето-звуковая модель на основе пифагорейского хроматического звукоряда (432 гц). Геометрическая модель

Рис. 10. Музыкальный круг Пифагора (пифагорейский темперированный строй). Цвето-графическая модель



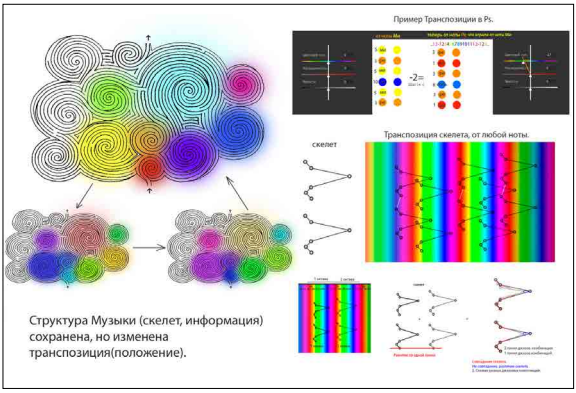
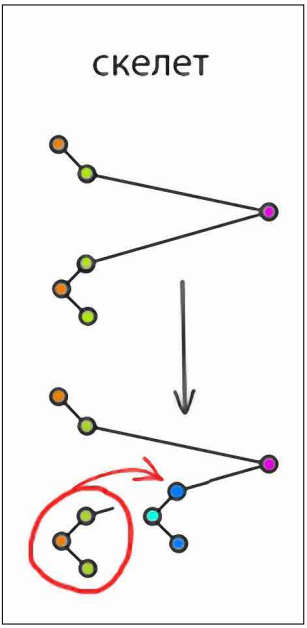


Рис. 11–12. Проектное исследование. Перенос музыкальной гармонии на колористику цвета. Пример построения интервалов (совершенные консонансы, тритоны (контраст в цвете), кварта-квинтовый круг (в сторону диезов, в сторону бемолей) и уменьшённый вводный секундаккорд, доминантовый секундаккорд и др.) и цветовые схемы



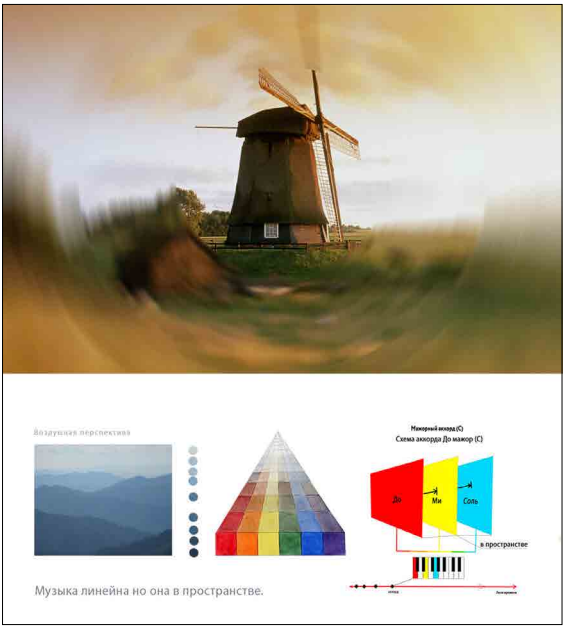


Рис.13. Графическая модель структуры музыкальных аккордов во временном пространстве
Рис.14. Акцент, упрощение, обобщение информации. Аналогии изобразительного искусства и музыки

трические схемы звуковых комбинаций с различными интервалами и консонасами. Пример см. рис. 11. Таким образом, мы получили общие параллельные закономерности цвета и звука (см. рис. 12).

Но, когда мы говорим о музыке или изображении то мы говорим о более сложном порядке взаимосвязи нежели отдельно взятые ноты и цвета. В музыкальном произведении они взаимодействуют, образуя сложные, многоярусные формы и комбинации, приобретая новое значение. В основе всего лежит информационный поток. Музыка, как и изображение — это код, система кодировки, окружающей нас действительности. Лишь имея ключ к расшифровке, мы можем познать новые горизонты их взаимосвязи опираясь на общие её физические закономерности и принципы отражения в человеческом видении звука и цвета. Код музыки и изображения представлены в виде структуры (скелет) в 2D измерении (см.рис. 13). Любая транспозиция кода (цвета-звука) (сдвиг на определённую высоту или понижение) сохраняет информацию, код (см.рис.14). Но

стоит нам в этой структуре кода изменить лишь один цвет или звук, как мы полностью видоизменяем сам код, структуру и общий смысл музыкального и визуального материала который он в себе несёт.

Находя общие константы музыки и изображения, важно учитывать и метод их расшифровки. Зная этот метод, мы имеем возможность грамотно комбинировать, ставить акцентные приоритеты и понимать истинный смысл и назначение. Даже, на первый взгляд, хаотичная, беспорядочная картина имеет свой внутренний регламентированный порядок.

Наша задача в данном контексте заключалась в том, чтобы установить, на что и на какой порядок действий мы должны обратить наше внимание в первую очередь. Так как музыка линейна, человек во время прослушивания получает информацию во временном пространстве поэтапно. Мы имеем возможность прослушать любой фрагмент в этой линии, однако, разом в одновременном вертикальном срезе прослушать не удастся. Очевидно, что мы услышим наложение звуков и получим полный хаос.

Человеческое восприятие звуков избирательно, когда вопрос касается сложной информации. Но мы адаптивны. Мы упрощаем сложную информацию и корректируем для себя это восприятие. Менее важное уходит на задний план (фон), а более важное для себя мы слышим отчётливо. По аналогии с канонами изобразительного искусства. Рассматривая картину мы не в силах получить информацию от каждого сегмента разом подобно музыке. Мы так же избирательны. Что попадает в область центра нашего внимания мы видим отчётливо, остальное на втором плане, более сложную информацию мы упрощаем для восприятия (см.рис.14). Таким образом, обобщая мы способны уловить общий смысл всего изображения аналогично в музыке, так как мозг человека не способен разом обработать большое количество информации необходима поэтапность и временной промежуток. В музыке за обработку этой информации во временном пространстве отвечает ритм и метр. А в визуальном восприятии мы зависимы от действий среды в которой находимся. Линию мы можем изгибать как угодно, как и каждый музыкант или художник сам задаёт собственную линию информации по которой проводит зрителя, слушателя вовлекая его в процесс восприятия.

Мы попытались рассмотреть линейную музыку на основе спиральной системы в плоскости. Также мы можем рассмотреть структуру музыки и изображения в 3D пространстве, в объёме, подобно цепочке

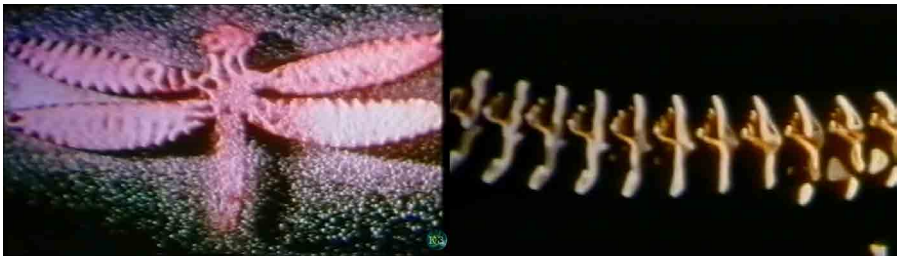


Рис. 15. Опыты Ханса Йенни (Hans Jenny) (киматика). Звуковые узоры «стрекоза» и «позвоночник»

ДНК. Мы имеем возможность корректировать, изменяя структуру 3D и в свою очередь наблюдать на изменения в её 2D плоскости. Как бы изменяя информацию в другом измерении и пространстве.

Так же мы можем изменять материю, и реальные объекты под воздействием звуков. Самый яркий пример тому это фигуры Хладни. Если мы обратимся к разделу науки киматики (науке о формообразующих свойствах звука, т.е. о его способности создавать материю и воздействовать на нее.) Одним из ярких представителей этого направления считается Ханс Йенни (Hans Jenny) [9]. Впервые учёный запечатлел на фотоплёнке воздействие звуковой волны на вещества разной природы — песок, вода, глина, рассыпанные на поверхности стальной пластины и др. Под воздействием колебательных движений различной частоты они принимали упорядоченный рисунок. В следствии появилась возможность за счёт комбинации звуковых частот воздействовать на материю таким образом, чтоб она принимала нужный задуманный вид. В качестве примера можно привести программирование посредством звуков изображения стрекозы, или движение позвоночника (см рис.15).

Подводя итоги можно сказать что мы сейчас находимся на пороге новых открытий в области синтеза искусств. В рамках магистерского исследования закономерностей цвето-звукового синтеза (направление подготовки «Цифровое искусство и дизайн») ведётся целенаправленная работа над ядром программы цветомузыки (Color Music). Целью проекта прототипа программы цветомузыки ColorMusic является объединение имманентных свойств музыкальных и изобразительных искусств, и на её основе создание новых видов отраслей творчества и новых подходов к решению синтезирующих задач искусства. В дальнейшем, в перспек-

тиве развития данного проекта откроются новые горизонты не только в области цифрового искусства но и других отраслях жизнедеятельности человечества.

Список литературы

1. Достаточно общая теория управления. Постановочные материалы учебного курса факультета прикладной математики — процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета (1997–2003 гг.). Редакция с уточнениями 2004, 2011 гг. — Санкт-Петербург. 2011 г. — URL: https://www.vodaspb.ru/arhive/vp_sssr/knigi/dotu_2011/dotu_a4_20110626.pdf (дата обращения 12.03.2019).

2. *Аристотель.* О душе. Перевод и примечания П.С.Попова. — Москва: Государственно социально-экономическое издательство, 1937.

3. *Burkert W.* Weisheit und Wissenschaft: Studien zu Pythagoras, Philolaos und Platon. Nürnberg, 1962. Английский перевод: Lore and science in ancient pythagoreanism. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1972 (о гармонии сфер см. в этой книге гл. IV).

4. *Лебедев С. Н.* Никомах и Боэций. К проблеме рецепции античной науки в квадривии Боэция // Старинная музыка, 2011, № 2, с. 2–11.

5. *Эккартсгаузен К.* Ключ к таинствам натуры. — Санкт-Петербург, 1804, с. 277.

6. Пифагоров строй. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пифагоров_строй (дата обращения 10.11.2018); Волошинов А.В. Математика и искусство. — Москва: Просвещение, 1992.

7. Международная организация по стандартизации. — URL: https://www.iso.org/home.html (дата обращения 10.11.2018).

8. *Галеев Б.М.* Скрябин и развитие идеи видимой музыки. — В кн.: Музыка и современность, вып. 6. — Москва: Музыка, 1969, с. 77–142.

9. *Jenny, Hans.* Cymatics: The Study of Wave Phenomena: Combined volumes One and Two: [англ.]. — Reprint ed. — Newmarket, NH: Macromedia Publishing, 2001.

10. *Ernst Levy.* A Theory of Harmony. Edited by Siegmund Levarie. (SUNNY Series in Cultural Perspectives). Albany: State University of New York Press, 1985.