КРАТКИЙ АНАЛИЗ ТЕМПЕРАЦИИ БЕРНХАРДА ШТОППЕРА

Для начала договоримся о том, что понятие темперации следует отнести к категории рамочных, поскольку оно включает в себя множество составляющих, три из которых можно назвать базовыми: параметрическую математическую модель звукоряда, акустические характеристики мелодических горизонталей и гармонических вертикалей и, наконец, технологию перевода модели звукоряда в музыкальный строй. Их-то и можно рассматривать в качестве предметов исследования отдельности, так и в совокупности, а конечная цель анализа будет строй, заключаться В следующем. Музыкальный которым преимущественно пользуемся в настоящее время, принято называть современным и, главное, равномерно-темперированным (сокращённо РТС), поскольку величины частот гармоник №1 его полутонов имеют одинаковое соотношение 1:1,059463094, что обеспечивает всеобщую соразмерность всех его музыкальных интервалов. Но и строй, рекомендуемый Бернхардом Штоппером, тоже равномерно-темперированный, так как частоты гармоник №1 всех его полутонов имеют тоже одинаковое, пусть и несколько иное, 1:1,059526065, обеспечивает соотношение, И ЭТО также всеобщую соразмерность всех его музыкальных интервалов. И поскольку он рекомендован как альтернатива РТС, нам в анализе желательно выяснить, достаточно ли у него оснований вытеснить из нашей повседневной практики привычный нам РТС и занять его место, отобрав у него также и название «современный равномерно-темперированный».

Начнём с математической модели, для чего на рисунке ниже приведены для сравнения две таблицы, на одной из которых указаны расчётные частоты двадцати основных тонов темперации Штоппера, а на другой – привычного нам РТС. Выбор диапазона тонов не случаен, поскольку между двумя крайними тонами дуодецима, которая у Штоппера служит и областью темперирования, и нормозадающим интервалом. Областью темперирования потому, что, во-первых, в неё включён тон а1, по которому мы традиционно задаём стандарт высоты всего строя, а во-вторых, только настроив все тоны этой области, можно переносить их на весь остальной поскольку Штоппер предлагает делать диапазон. И дуодецимами, то и область темперирования не может быть меньше дуодецимы. А нормозадающим интервалом дуодецима служит потому, что она, как и все последующие дуодецимы, должна быть настроена чисто, то есть без биений, и по этой причине ей надлежит служить образцом. Следовательно, оба её тона выполняют функцию опорных первой очереди, к которым затем при настройке на слух привязывают очередные тоны.

Темперация Штоппера

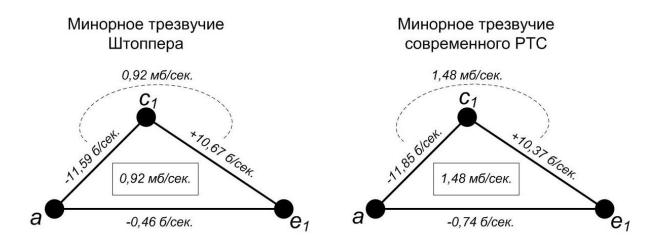
Тоны	Октавы	
	Малая	Первая
С	-	261,49
C#	-	277,05
D	146,66	293,54
D#	155,39	311,02
E	164,64	329,53
F	174,45	349,15
F#	184,83	369,93
G	195,83	391,95
G#	207,49	415,28
Α	219,84	440,0
В	232,93	-
Н	246,79	-

Современный РТС

Тоны	Октавы	
	Малая	Первая
С	-	261,63
C#	-	277,18
D	146,83	293,66
D#	155,56	311,13
E	164,81	329,63
F	174,61	349,23
F#	184,997	369,99
G	195,998	391,995
G#	207,65	415,30
Α	220,0	440,0
В	233,08	-
Н	246,94	-

Поверхностное сравнение обеих таблиц ничего особенного нам не даст. Разве что в них мы обнаружим незначительные расхождения в частотах одноимённых основных тонов, величины которых вполне вписываются в пределы погрешностей, допускаемых подавляющим большинством настройщиков при настройке на слух. Но мы-то уже знаем, что по сравнению с РТС в темперации Штоппера все отклонения частот тонов направлены, вопервых, в сторону расширения и, во-вторых, имеют регулярный характер. Следовательно, образно это можно описать так: если расстановку тонов РТС уподобить растянутым мехам гармошки, то в темперации Штоппера эти мехи расстянуты несколько сильнее.

Последствия этой разницы в «растяжении» более отчётливо проявляют себя во втором предмете анализа – при сравнении одноимённых интервалов и аккордов темперации Штоппера и РТС.



На рисунке выше изображено минорное трезвучие основного вида с частотными характеристиками в системах темперации Штоппера и РТС. Сравнение частот биений в одноимённых интервалах демонстрирует очевидную закономерность: расширение темперации по Штопперу привело к тому, что суженные интервалы (в рассматриваемом примере это квинта и малая терция) приблизились к натуральным и, следовательно, темпы биений замедлились; а интервалы расширенные (большая расширились ещё сильнее и, следовательно, ещё более отдалились от натуральных, вследствие чего темпы биений в них возросли. То есть, у Штоппера малая терция и квинта в темпоритмическом отношении несколько более спокойные, чем у РТС, а большая терция в такой же степени несколько более беспокойная. Но тем не менее эти различения друг друга отнюдь не уравновешивают, что делается очевидным, если обратиться к ещё одной особенности, привлечённой в качестве исследовательского инструмента.

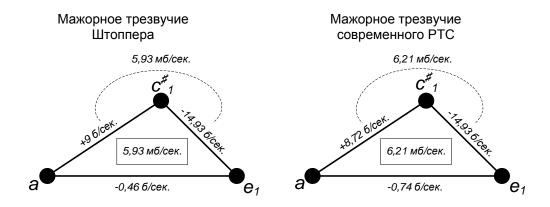
Всем хорошо известно, что такой акустический феномен, как биения, возникает вследствие интерференции разночастотных звуковых волн, и частота биений всегда равна разности частот этих волн. Но некоторым также известно, что природа биений в части взаимодействия между собой сходна с природой звуковых волн, и одновременное звучание разночастотных биений в двух и более музыкальных интервалах также порождает биения более высокого уровня, частота которых равна разности частот интерферирующих биений. В моей книге эти биения вторых порядков я предложил именовать метабиениями (от греческого «мета-», означающего «через, после, за»). Имея хороший слух, стоит всего лишь внимательно вслушаться в звучание хорошо настроенных трезвучий и аккордов и тогда несложно услышать и многоголосие биений в различных интервалах, и «покрывающие» их метабиения, которые придают всему звучанию медленно пульсирующий характер. В этом отношении аккорд с темперированными интервалами можно сравнить с атомом, где созвучие - это его интонационное ядро, а слои биений и метабиений – это его темпоритмическая оболочка.

На рисунке значения метабиений в виде разностей частот биений в малой и большой терциях изображены над дугообразными прерывистыми линиями, концы которых указывают на интерферирующие биения; а ещё те же метабиения как атрибут (неотъемлемое свойство) звучания аккордов указаны в прямоугольниках внутри «треугольников» аккордов. Сравнивая их, мы видим, что в темперации Штоппера частота метабиений в 1,6 раза медленнее, чем в РТС. Следовательно, минорное трезвучие у Штоппера

звучит менее «беспокойно», чем у РТС, то есть, его звучание ближе к натуральному, которое в акустике считают эталонным.

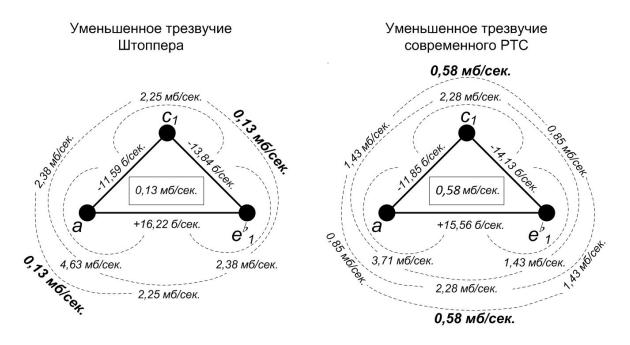
Вполне справедлив вопрос, почему в приведённом примере в структуру метабиений не включены биения в квинтах. Потому, что здесь действует специфическая для миноров закономерность: в любых системах темперации в минорном трезвучии разность биений в терциях (то есть, метабиения) всегда вдвое чаще, чем биения в квинте. То есть, они кратны в соотношении 2:1. Благодаря такой особенности каждое второе метабиение совпадает с каждым, то есть первым, биением в квинте (это я называю синтактностью, то есть совпадением по тактам, в отличие от синхронности, где каждое биение совпадает с каждым).

Во втором примере приведены трезвучия мажорные. Здесь видно, что у Штоппера трезвучие тоже звучит спокойнее, хотя различие с РТС значительно меньше.



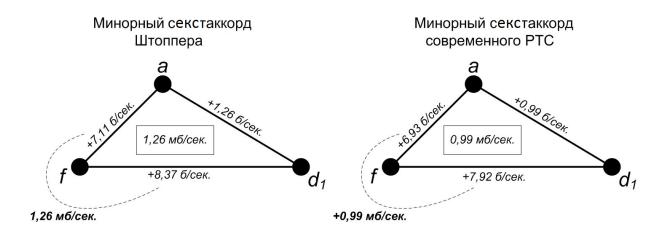
И здесь биения в квинтах тоже не включены в структуру метабиений, потому что, во-первых, слишком велика разница в их частотах, а во-вторых, они не синтактны по причине того, что не кратны метабиениям (у Штоппера проявляют себя в виде некоторого несущественного «возмущения» стройности на каждых 12,9 метабиений, а в РТС на каждых 8,4).

Пример уменьшенного трезвучия, в структуру которого входят диссонирующий тритон и два несовершенных консонанса – малые терции, позволяет выявить различия на материале диссонансов. Здесь, как мы видим, в структуру формирования первого слоя метабиений включены биения в звучании всех трёх интервалов, а затем эти метабиения в свою очередь формируют последующие слои. И здесь также проявляет себя один подтверждающий математическую феномен, СВЯЗЬ между всеми параметрами музыкального звукоряда, проявляемую ряде закономерностей: величины метабиений в каком-либо из слоёв непременно приходят к единому значению вне зависимости от того, от разности каких величин они произошли. И это единое значение выполняет функцию атрибута звучания данного созвучия.



Сравнивая уменьшенные трезвучия темперации Штоппера и РТС, мы в очередной раз убеждаемся в том, что в темпоритмическом отношении темперация Штоппера даёт «картинку» значительно более спокойную.

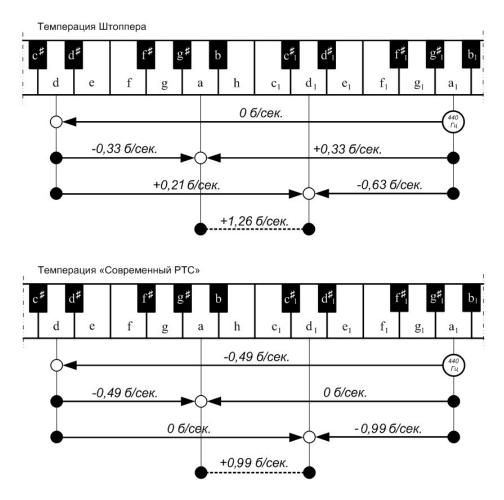
Небольшое противоречие этому мы получаем на примере сравнения обращённых трезвучий; в данном случае минорных секстаккордов.



Причина этого заключается в том, что если в РТС у ряда интервалов (малая терция, кварта и малая секста) и их обращений вверх (большая секста, квинта и большая терция) частоты биений равны (то же самое относится к перечисленным обращениям, если их взять за исходные интервалы и обратить вниз), а у ряда интервалов (большая терция, квинта и большая секста) и их обращений вверх (малая секста, кварта и малая терция) частоты

биений соотносятся как 1:2 (то же самое, опять же, относится к перечисленным обращениям, если их взять за исходные интервалы и обратить вниз), то в темперации Штоппера по причине её «растяжения» эта закономерность нарушена. В частности, если у РТС в малой терции d-f и большой сексте $f-d_1$ частота биений одинакова, $\pm 7,92$ б/сек., то у Штоппера в малой терции d-f частота -7,71 б/сек., а в её обращении большой сексте $\pm 8,38$ б/сек. (здесь плюс и минус показывают не положительную и отрицательную математические величины, а зоны темперации интервалов: минус у суженного и плюс у расширенного). Эти несовпадения и некратности частот биений в интервалах и их обращениях в темперации Штоппера порождают массу головоломных сложностей при переводе математической модели звукоряда в реально звучащий строй, в чём мы убедимся на примере ниже.

На рисунке ниже изображён один и тот же фрагмент плана настройки по биениям на слух первых звуков области темперирования в технологиях темперации Штоппера и современного РТС.



Сначала обратим внимание на РТС и убедимся, что здесь всё достаточно привычно и, возможно, потому и просто, и надёжно. Настроить

по камертону a_1 и затем от a_1 на слух нисходящую дуодециму $d \leftarrow a_1$, сузив её до появления 0,49 6/сек. (то есть, приблизительно 1 биение в 2 секунды, что весьма несложно). Затем от d настроить суженную до той же частоты биений восходящую квинту $d \rightarrow a$. Проверить октаву $a-a_1$. Если она акустически чиста, значит все три звука стоят «на своих местах». Здесь также возможен и обратный вариант: сначала настроить чисто октаву $a-a_1$, затем от a нисходящую квинту $d \leftarrow a$, затем проверить дуодециму $d-a_1$. Если биения в квинте и дуодециме совпадают, значит все три звука стоят «на своих местах». Затем можно настроить на 1 биение в секунду либо суженную нисходящую квинту $d_1 \leftarrow a_1$, либо расширенную восходящую кварту $a \rightarrow d_1$ и сравнить биения в квинте и кварте и проверить чистоту октавы $d-d_1$. Если биения совпадают и октава чиста, значит звук d_1 тоже стоит «на своём месте». И далее может продолжить любой настройщик.

Совсем иным делом мне поначалу показалась темперация Штоппера. Настроить без биений дуодециму $d-a_1$ труда пока не представляет. Но далее нужно настроить квинту $d\rightarrow a$, сузив её до приблизительно 1 биения в 3 секунды, и убедиться, что такие же биения даёт расширенная октава $a-a_1$. Затем предстоит ухитриться настроить восходящую октаву $d\rightarrow d_1$, расширив её до приблизительно 1 биения в 5 секунд (кто не пробовал, пусть попробует!) и убедиться, что в образовавшейся квинте d_1-a_1 частота биений составляет приблизительно 0,6 в секунду, а в образовавшейся кварте $a-d_1$ в два раза чаще. И при этом понимать, что даже приведённые округления в величинах частот биений уже не могут не нарушать равномерность темперации, а если к ним добавить ещё и погрешности при определении на слух темпов биений, то о равномерности можно и вовсе забыть. Одним словом, в настройке по Штопперу, казалось бы, опереться не на что.

Возник вопрос: исполнима ли в принципе темперация Штоппера? Сразу же отвечу: вполне! На ошибочность моего мнения о том, что в этого вида темперации опереться не на что, указал мне наш уважаемый модератор и коллега AlexHutor. Оказалось, что проблема моего непонимания её строгой математической определённости есть производная от взгляда на модель звукоряда из привычной октавной позиции, где у ряда интервалов и их обращений соотношения частот биений 1:1, а если их поменять местами, то 1:2.

«Попробуйте взглянуть на дуодециму с соотношением частот основных тонов интервалообразующих звуков 1:3 как на октаву с соотношением таких же тонов 1:2, — сказал мне AlexHutor, — и увидите, что здесь у интервалов и их

«обращений» внутри дуодецимы (!) «работает» та же закономерность, что и в октаве, но только с другими соотношениями, не 1:1 и 1:2, а 1:1 и 1:3».

И действительно, на рисунке видно, что в темперации Штоппера у квинты внизу и октавы вверху соотношение частот биений 1:1, а у октавы внизу и квинты вверху 1:3. Кроме этого обнаруживается ещё одна закономерность: в границах «штопперовской» октавы у кварты внизу и квинты вверху соотношение частот биений 2:1.

Итак, к успеху в настройке по Штопперу ведут несколько путей, четыре из которых очевидны. Первый – это воспользоваться планом настройки самого автора, приобретя к тому же его слуховые навыки и опыт. Второй – употребить вышеописанные и выявить все остальные закономерности и в процессе настройки опираться на них (уважаемый AlexHutor, похоже, так и сделал и успешно темперацию Штоппера выполняет, в чём у меня нет ни малейших сомнений). Третий – последовать совету нашего коллеги VladAn-a, рассчитать частоты биений во всех интервалах области темперирования, перевести их величины в установочные параметры для электронного метронома и воспользоваться им как независимым источником эталонных темпов биений, по которому все интервалы настроить, а затем чистыми дуодецимами перенести полученные тоны на весь остальной звуковой диапазон (сразу же следует заметить, что перенос тонов чистыми дуодецимами – задача довольно непростая на краях звукового диапазона, в особенности в области басового регистра и ещё более в особенности на малогабаритных инструментах). Четвёртый – применить какую-либо из компьютерных настроечных программ, устанавливая для настраиваемых тонов области темперирования значения, данные в таблице в начале статьи, а затем провести окончательный «тюнинг» интервалов, придав им плавность изменения темпов биений по мере движения по звукоряду вверх или вниз.

Наиболее прост последний из перечисленных вариантов. Строй, выполненный мною с его помощью, можно охарактеризовать следующим образом. В целом он звучит несколько «мягче», чем РТС, за исключением случаев, когда в структуре звучания присутствуют кварты, но на упомянутой «мягкости» это сказывается достаточно неопределённо. Есть ли у такого звучания преимущества перед РТС, если музыку слушают все, а акустические тонкости строя Штоппера едва уловимы и подконтрольны достаточно утончённому слуху?

Полагаю, что это может стать предметом содержательной и во всех отношениях полезной дискуссии между теми участниками форума, кого эта

тема интересует и кто сможет предложить на всеобщее обсуждение результаты личного опыта в этом направлении.