

История методов равномерной темперации

Из всех этапов настройки фортепиано первым, наиболее ответственным и пожалуй наиболее трудным является так называемая «темперация», то есть разбиение области темперации (обычно октавы $a^0 — a^1$) на 12 равных полутонов. «Сделать темперацию» означает выстроить фундамент всей дальнейшей настройки; если этот фундамент плох, то и вся дальнейшая работа теряет смысл. Со времен утверждения в практике настройки клавишных инструментов принципа равномерной темперации, то есть с конца XVIII века, поиски методов ее осуществления на практике были одной из главных забот настройщиков.

Наиболее очевидным и, на первый взгляд, самым простым казался метод последовательного обхода всего 12-ступенного круга квинтами. Корни этого метода имеют многовековую историю и лежат в самой природе музыкального звука — 3-я гармоника периодического колебания вместе со 2-й дают нам совершенную квинту. В малообъемных звукорядах Античности — пента-, гекса- и гептатониках — опора на совершенную квинту не вызывала никаких проблем, и пифагоров строй в виде цепочки чистых квинт удовлетворял всех. С развитием тонально-ладового мышления и разрастанием звукорядов до 12 тонов музыканты столкнулись с проблемой пифагоровой коммы и «волчьей квинты», замыкающей кварто-квинтовый круг, построенный по абсолютно чистым интервалам. Я не стану сейчас углубляться в историю поисков решения этой проблемы, история эта интересна и поучительна, но сегодня у меня другая тема. Поэтому из Средневековья, когда комма и «волк» впервые озадачили музыкантов, перенесемся сразу в упомянутый конец XVIII века, когда и принцип, и математическое обоснование РТС стали уже всеобщим достоянием, и оставалось только найти способ сделать равномерную темперацию достаточно быстро и достаточно точно, как того требовала практика музыки.

Идея РТС, как известно, состоит в том, чтобы каждую квинту всего круга сделать уже совершенной на $1/12$ часть пифагоровой коммы, и тогда круг замкнется точно, все квинты будут хоть уже и не абсолютно чистыми, но зато одинаковыми, а с точки зрения хорошего музыкального слуха — еще вполне приемлемыми. Нетрудно заметить, что такое «музыкантское» описание сути идеального РТС проистекает из традиционного ПС: весь комплект из 12 тонов представляется как результат 12 ходов по квинтам (или квартам). Математики (первым был знаменитый французский ученый монах Марен Мерсен в 1636 г.), со своей стороны, нашли формулу интервального коэффициента полутона $k = \sqrt[12]{2}$, что позволяло вычислить частоты всех звуков РТС с любой желаемой точностью.

Но ни пожелание уменьшить все квинты на $1/12$ часть коммы или 2 цента, ни трудоёмкие и хитроумные вычисления коэффициентов и частот никак не облегчили участь настройщиков, поскольку не было, да и до сих пор нет такого «микрометра», который позволил бы точно отмерить 2 цента, а установить частоту колебаний настраиваемой струны, скажем, точно на 415.305 Гц для соль-диеза 1-й октавы, сейчас хотя и можно, но, как оказалось, не нужно, поскольку хорошей настройки при этом все равно не получится. Да и выяснилось-то все это к середине XX века, а настраивать нужно было всегда. Поэтому творческая мысль настройщиков уже во времена Моцарта и Бетховена искала и

находила способы и приемы практической работы, позволяющие добиться пусть не идеального РТС, но приемлемой на строгий музыкантский слух настройки фортепиано.

Отчасти эмпирически, отчасти с помощью математики с самого начала эпохи господства РТС было найдено, что в зоне a^0 — a^1 квинты нужно заузить до появления биений чуть реже 1 в секунду, а кварты расширить до чуть чаще 1 б/с. Это уже давало некоторый ориентир, опираясь на который можно было успешно работать. Большинство наших коллег-предшественников так и работали на протяжении едва ли не двух столетий. Именно такая методика была зафиксирована в немногочисленных учебных пособиях по настройке, именно она передавалась по наследству от учителей к ученикам. А сделанное позже уточнение о том, что чем выше расположен интервал, тем чаще должны быть в нем биения (от 0.7 б/с в квинте a^0 — e^1 до 0.9 б/с для d^1 — a^1), мало что изменило в качестве получаемых настроек. Вооруженный этим методом настройщик, отправляясь в далекий 12-шаговый путь по кварто-квинтовому кругу, никогда не знал заранее, «сойдется» круг или нет, будет ли последняя кварта или квинта хорошей или не будет. Неудачи у начинающих встречались в 99 случаев из 100, у опытных мастеров — пореже, но полной уверенности не было ни у кого. Для исправления неудачи использовался обычно метод «разгона» ошибки при обратном движении по тому же кругу: «недотемперацию», допущенную при проходе «туда», пытались компенсировать небольшой «перетемперацией» при движении «обратно», покуда очередная кварта или квинта не будет хорошей. Как правило, при таком «исправлении» середина круга оказывалась заметно смещенной вверх или вниз относительно исходного *ля*, несмотря на то, что все квинты и кварты звучали более или менее благополучно.

Понимая, что качество их работы по такому методу невысокое, мастера искали способы, позволяющие обнаружить допущенные отклонения раньше, чем замкнется или не замкнется круг. Обратили внимание на большие терции и сексты, имеющие в области температуры умеренные частоты биений примерно от 8 до 14 в секунду (теоретически). Сами по себе, изолированно, эти интервалы для непосредственной настройки казались мало пригодными, поскольку измерить и установить на слух столь частые биения очень трудно, но зато терции и сексты более чувствительны, чем квинты-кварты, к отклонению своей величины от номинала, и малейшее их увеличение и уменьшение резко изменяет частоту биений. Зная приблизительно, как должна звучать (с какой частотой бить) та или иная терция и/или секста, настройщик мог уже по первым этим интервалам, достигнутым в обходе кварто-квинтового круга, судить о том, зависил он строй на предыдущих шагах, занизил его или попал в точку. Так родилась система терцо-секстового контроля, позволившая улучшить качество настройки и снизить трудоемкость «темперации».

Следующей ступенью прогресса в этом деле стала оформившаяся уже во 2-й половине XX века идея взаимообращения функций некоторых рабочих и контрольных интервалов. К этому можно отнести ряд оригинальных планов настройки, предложенных разными мастерами у нас с 60–70-х годов, а «у них», по-видимому, чуть раньше. Из наших среди «пионеров» были, насколько мне известно, Б.Голубев и Э.Космач, упомянутые в литературе, из зарубежных — Йозеф Никс (Германия; в 1961 г. была опубликована его книга с аналогичными предложениями).

Все эти системы не отменяли фундаментальной роли квинт и кварт в настройке температуры (единственное исключение — довольно спорная идея В.Волкова, запатентованная им лет 20 назад и полностью построенная только на больших терциях и секстах), но давали возможность с самого начала избежать больших отклонений, характерных для последовательных кварто-квинтовых схем, сэкономить силы и время настройщика и заметно улучшить качество настройки.

90-е годы можно считать началом следующего этапа в истории развития методов настройки температуры, этапа, продолжающегося и сегодня. Здесь одним из первых в России был В.Г.Порвенков, разработавший свою систему «терц-секст». Несмотря на строгую засекреченность содержания этой системы, некоторые сведения о ней

просочились за пределы узкого круга посвященных в ее суть, сведения, достаточные, чтобы судить о том, что же в ней принципиально нового в сравнении с нашей предыдущей историей. Идею ядро этой системы (как и других, независимых от «терц-секста», но схожих с ним систем) заключается уже не в том, что функции рабочих и контрольных интервалов выполняют кварты-квинты и терции-сексты — это было и на предыдущем этапе. Главное здесь то, что авторы новых систем попытались, наконец, задать себе вопрос: что такое равномерная темперация, чего мы хотим добиться, настраивая рояль? И четкий правильный ответ на этот вопрос как раз и послужил основой для разработки новых, можно сказать, вполне современных методов настройки. Ответ звучит так: равномерная темперация — это такая настройка, при которой хроматическая восходящая или нисходящая последовательность любых одноименных интервалов дает плавное увеличение или уменьшение частоты биений в наиболее низких тонах совпадений спектров этих интервалов. И настраивая рояль, мы хотим и должны добиться не получения стольких-то биений в такой-то кварте, квинте, терции или сексте, а получения плавного возрастания частоты биений в цепочке этих квинт, кварт и т. д., сыгранной по хроматической гамме вверх от края и до края клавиатуры. Если это получилось, то настройка практически идеальна.

При такой перестановке акцентов мы получаем сразу несколько выигрышей. Во-первых, отпадает необходимость высчитывать на слух частоты биений — ни метроном, ни секундомер нам уже не нужны. Во вторых, такая постановка цели настройки автоматически учитывает все аберрации математически рассчитанных «табличных» частот, вызванные всем известной негармоничностью колебаний стальных струн, и можно забыть про корень 12-й степени из двух, про многозначные непериодические дроби интервальных коэффициентов РТС и про меру несоответствия реального РТС и его математической модели. В-третьих, имея перед собой цель выровнять частоты биений в хроматической последовательности одноименных интервалов, мы прямо и непосредственно к этой цели и движемся, экономя тем самым силы и время.

Конкретные методы реализации описанных идей в практике настройки могут быть, очевидно, разными. Мне в общих чертах известны по меньшей мере 6 таких систем: уже упомянутый «терц-секст» Порвенкова; система, описанная в книге Л.Г. Курочкина и Н.В. Бурдиной «Настройка фортепиано» (СПб, 1999), система, принятая на фирме «Grotrian-Steinweg», система французского Института музыкальных мастеров, задуманная с очень дальним прицелом система алматинского изобретателя Азата Гильманова и недавно разработанная и опубликованная система А. Яновского. Реально в мире, надо думать, подобных систем сегодня существует и функционирует много больше.

Расскажу о том, как работаю в последние годы я сам. Не считите это за нескромность или саморекламу — просто эту систему я знаю лучше всякой другой, но на этом примере я попытаюсь продемонстрировать некоторые общие свойства и особенности современных методов темперации.

Моя нынешняя система возникла как результат развития той схемы, которую я придумал для себя в начале 70-х годов. Тот метод был основан на разбиении октавы a^0 — a^1 на три больших терции и последующем заполнении этих терций кварто-квинтовыми ходами (см. рис. 1).

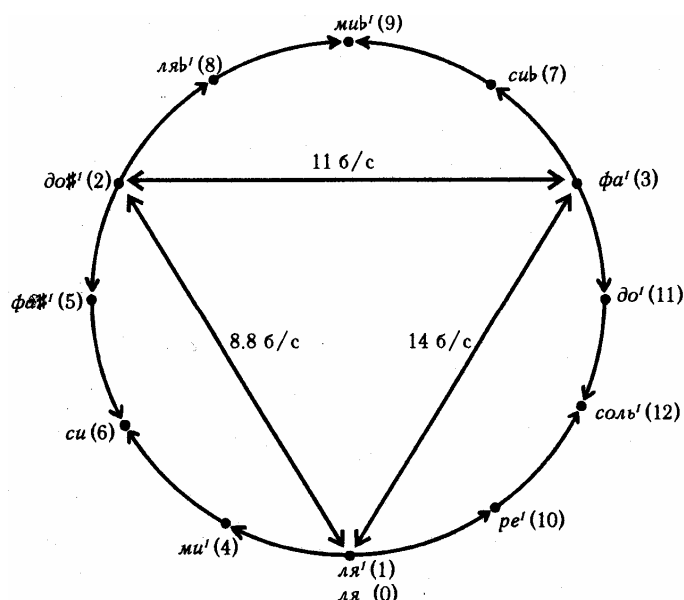


Рис. 1. Графическое представление терцовой схемы темперации.

Даже на мой сегодняшний взгляд эта система была удачной: очень простой, удобной, производительной и надежной. Я и сейчас часто пользуюсь этим вариантом в тех случаях, когда настройку нужно сделать быстро, а качество ее не столь важно, например, при первоначальном знакомстве с инструментом, на черновых проходах при значительном поднятии общего строя или в условиях острого дефицита времени. Но этот вариант, как и все другие системы предыдущего поколения, имеет тот органический недостаток, что настройка исходных терций делается приблизительно, по памяти и на слух: около 8, 11, 14 б/с. Точно установить эти частоты нечем (да и незачем: оптимальные частоты биений в каждом инструменте свои), нужно только постараться добиться плавного учащения биений при переходе от одной терции к другой. Допущенные здесь ошибки проявят себя только по окончании всей темперации, сделав ее более или менее неравномерной. Величина этих ошибок хоть и меньше, чем в классических кварто-квинтовых последовательных схемах, но различие здесь лишь количественное. Хотелось же различия качественного.

Вдумываясь в приведенную выше формулировку определения равномерной темперации, я пришел к мысли о том, что следовало бы найти способ оценить качество терцовой разбивки октавы сразу, не дожидаясь окончания всей работы. Оказалось, что для этого не нужно вводить лишние шаги или операции, достаточно лишь изменить порядок действий. Если после предварительной настройки терцовых тонов (*до-диез* и *фа*) аккуратно выстроить кварту *ля—ре¹* и квинту *си-бемоль—фа¹*, и сравнить терцию *си-бемоль—ре* с терцией *ля—до-диез*, можно будет сразу судить о качестве изначальной триады терций. В идеальном случае *си-бемоль—ре* должна «бить» чуть чаще, чем *ля—до-диез*. Если точнее, то на 5.95% чаще, но далее примем для простоты 6%. Если частоты биений равны, то настройка уже не идеальна, хотя еще и приемлема, если разница имеет правильный знак, но великовата, — то же, при отрицательной разнице или слишком большой положительной — исходная триада нехороша. Уже на этом этапе можно определить, в чем ошибка и как ее исправить. Равенство частот биений или их отрицательная разность указывает на то, что *до-диез* высоковат и/или *фа* низковат. Излишняя положительная разность возникает при низком *до-диез* или высоком *фа*. Чуть сдвинув в нужном направлении оба этих тона и подправив *си-бемоль* по «исправленному» *фа*, добьемся нужной разницы биений в сравниваемых терциях.

Теперь настроим кварту *до-диез¹—фа-диез¹*. У нас появилась терция *ре—фа-диез*, сравним ее с соседней *до-диез—фа*. Отрицательная разность или равенство частот биений

в этой паре терций укажут на низкий *до-диез* и/или высокий *фа*, излишняя положительная разность — наоборот. Снова подправим *до-диез* и *фа*, добываясь той же 6%-ной разницы в имеющихся уже двух парах соседних терциях.

Далее настраиваем квинту *ля—ми*¹ и кварту *до*¹—*фа*¹, оцениваем соседство терций *до—ми* и *до-диез—фа*. Наконец, квинта *до-диез*¹—*оль-диез*¹ даст нам возможность сравнить терции *ми—оль-диез* и *фа—ля*. Здесь уже можно сравнить и звучание хроматически соседних квинт *ля—ми* и *си-бемоль—фа*, *до-диез—оль-диез* и *ре—ля*, а также кварт *до—фа* и *до-диез—фа-диез*, в соседних интервалах разница частот биений должна составлять те же 6%. Оценивать эту разницу в квинтах удобнее по биениям на более высоком, втором тоне совпадения спектров, где они слышны достаточно отчетливо и оказываются приблизительно вдвое-втрое чаще основных.

На этом этапе наша темперация почти готова, не хватает только трех звуков — *си*, *ми-бемоль*¹ и *оль*¹. У нас уже есть 7 (из 9) больших терций, сравнение которых в «пунктирно-хроматической» гамме (с пропущенными *си—ми-бемоль* и *ми-бемоль—оль*) позволяет выявить и исправить все ранее допущенные ошибки. После этого настраиваем оставшиеся звуки по квинтам-квартам от уже имеющихся и вновь проверяем качество уже теперь полной последовательности терций.

Несмотря на громоздкость словесного описания, работа по этой системе лишь немного сложнее и дольше, чем в исходном варианте моей терцовой схемы. Добавляется только необходимость в случае обнаружения неточностей несколько раз ненадолго и недалеко возвращаться назад. При этом, правда, приходится довольно сильно напрягать мозги, отыскивая причины обнаруженных неточностей. Однако качество настройки и надежность его достижения с лихвой компенсируют дополнительные затраты времени и умственных сил.

По завершении темперации не помешает снова пройтись хроматически по настроенным звукам не только большими, но и малыми терциями, квартами и квинтами. Возможно, что какие-то пары соседних интервалов обратят на себя ваше внимание, и что-то захочется еще подправить.

Заключительная контрольная операция, позволяющая «вычистить» темперацию до состояния практически идеального — последовательность больших терций и секст, данная в следующем нотном примере. Под интервалами написаны математически рассчитанные и округленные до трех знаков частоты биений в интервалах. Реальные звуки хорошо настроенного фортепиано дадут близкие к этим, но немного другие частоты биений, однако главное здесь состоит в том, что эти частоты при идеальной настройке будут в этой последовательности плавно возрастать, а малейшее нарушение этой плавности укажет на такие неточности в равномерности темперации, которые другими практически приемлемыми способами обнаружить, по-видимому, просто невозможно. Эту последовательность полезно применять и за пределами области темперации, как при настройке «вверх» и «вниз», так и при контроле ее качества. Для удобства запоминания этой последовательности обратите внимание, что каждая терция вместе со следующей секстой образуют доминант-секундаккорд.



Рис. 2. Последовательность интервалов для окончательного контроля темперации.

Всю работу в области темперации значительно удобнее проводить, заглушив «лишние» струны хоров полоской сукна, а не клинками. Добившись хорошей темперации

по одной струне в каждом хоре, проведя так все коррекции и окончательно убедившись, что все получилось как надо, подстроим в унисон оставшиеся струны.

И последнее: применять эту и ей подобные системы имеет смысл только при окончательной чистовой настройке, когда строй уже поднят «в камертон». При первом знакомстве с инструментом или при необходимости заметно (больше, чем на 5 центов или на 1 герц для ля¹) поднять или опустить общий строй, то есть при настройке «начерно» возиться с подгонкой биений в хроматических последовательностях нет смысла.

Итак, признаками принадлежности системы настройки к современному поколению таких систем можно считать 3 существенных момента:

- использование кварт, квинт, больших (а иногда и малых) терций и секст в качестве интервалов как контрольных, так и рабочих;
- отказ от попыток установления в процессе настройки интервалов каких-либо заранее точно заданных частот биений, использование приблизительных частот с их последующей подгонкой к оптимальным для данного инструмента значениям;
- опору на сравнение частот биений в хроматических последовательностях интервалов и в некоторых более сложных последовательностях (типа приведенной на рис. 2).

Все упомянутые выше современные системы, как отечественные, так и зарубежные, обладают этими признаками и различаются между собой только в особенностях применения тех или иных интервалов, широтой и глубиной охвата каждого настраиваемого звука разными приемами настройки и контроля. Но при всех различиях этих систем их главный постулат заключается в том, что целью настройки является получение равномерной темперации, то есть плавного возрастания частоты биений в восходящих хроматических последовательностях любых одноименных интервалов, а средства достижения этой цели достаточно разнообразны, но в разных системах почти одинаково эффективны.

Можно только пожалеть об отсутствии доступной и подробной информации об этих системах. Будь такая информация в нашем распоряжении, у мастеров появилась бы возможность сравнения и выбора, а возможно, и модификации выбранной системы. Пока же нам придется довольствоваться только тем, что знают учившиеся у Порвенкова, книжками Курочкина-Бурдиной и Яновского, а также сказанным здесь — уже неплохо!