

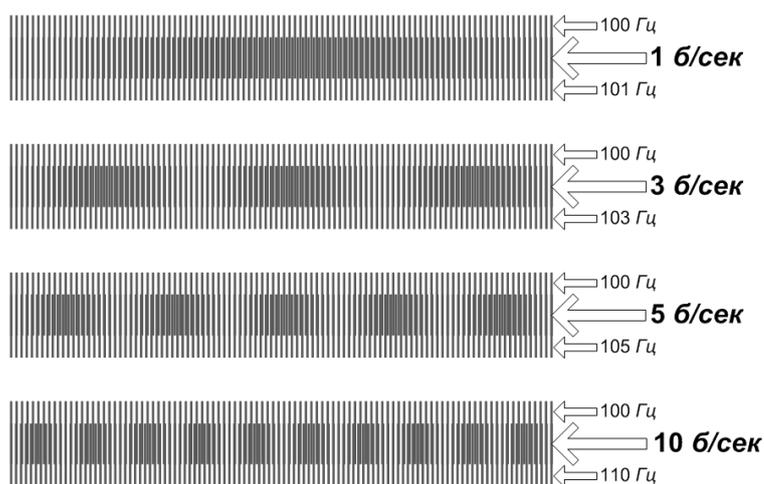
ГРАФИЧЕСКИЙ ОБРАЗ БИЕНИЙ

Работая над книгой «НАСТРОЙКА ФОРТЕПИАНО В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИИ И ТЕОРИИ МУЗЫКАЛЬНОГО СТРОЯ *от времён Пифагора до новейшего метода синхронизации*», я старался максимально подробно описать биения, этот важнейший для настройщиков акустический феномен, возникающий вследствие взаимоналожения (интерференции) динамических разночастотных звуковых волн в общем пространстве их одновременного распространения, а также их природу и физические и математические законы и закономерности, которым подчинены и сам факт их возникновения, и условия и порядок существования. Описывал их словами и до сих пор не нахожу оснований считать или подозревать, что описание не удалось. Однако и в процессе работы над книгой, и достаточно длительное время после её опубликования я не оставлял попыток придумать, как выразить понятие биений графически. Причина этого стремления заключалась в следующем.

Общеизвестное утверждение К. Маркса о том, что знать язык – это значит уметь на нём мыслить, многие, похоже, понимают слишком упрощённо и потому неверно. Упрощение вытекает из понимания языка исключительно как системы словесных конструкций. Но, как небезосновательно полагают специалисты, компетентные в вопросах теории мышления, человек мыслит не словами, а невербальными (несловесными) схемами. И только когда у него возникает желание или необходимость поведать то, что он мыслит, другим, или же растолковать это самому себе, он вынужден прибегнуть к какому-либо из языков, выбирая из них тот, которым он, во-первых, владеет, а во-вторых, который наиболее подходит для решения данной задачи. Один выбирает язык слов, другой – язык рисунка или живописи, третий – язык формул, четвёртый – язык жестов и т. д. То есть средствами мышления служат невербальные схемы, а языки служат средствами коммуникации (общения, в том числе и с самим собой), в которой один участник стремится передать свои понятия чего-либо другому или другим. Однако есть один язык, который одновременно близок и к средствам мышления, и к средствам коммуникации. Это язык схем. Он понятен даже «разноязыким», поскольку удачное схематическое изображение, сопровождаемое вербальным комментарием, гораздо более точно и с гораздо большей полнотой отражает мыслящееся понятие и в коммуникации передаёт его другим более адекватно, чем это возможно через изложение того же понятия исключительно словами (вербальное) или какими-то другими средствами.

И, похоже, поиски увенчались успехом. Удалось придумать способ выразить понятие биений языком схемы.

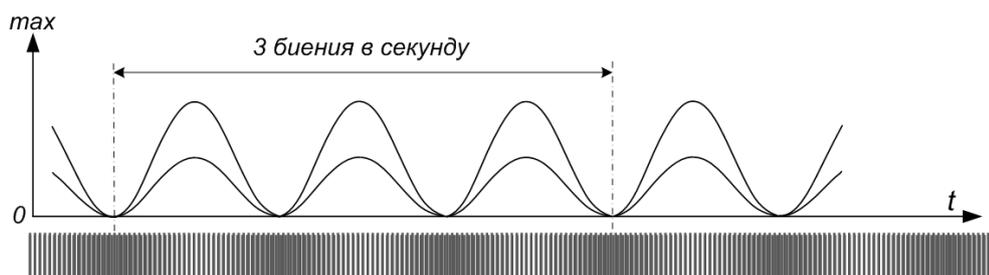
Мы знаем, что каждая звуковая волна, распространяемая в воздушном пространстве, состоит из уплотнённого и разрежённого слоёв воздушных частиц. Эти два слоя образуют её фронт и тыл. На приведённом ниже рисунке вертикальные линии символизируют фронты волн, а промежутки между ними – тылы. Вертикальные линии (и, разумеется, промежутки между ними) собраны в горизонтальные полосы, которые соединены попарно путём их частичного наложения друг на друга. На рисунке таких пар четыре. Вследствие различного количества вертикальных линий в верхней и нижней полосах каждой пары в зонах их взаимоналожения образуются участки, где линии одной полосы либо совпадают, либо вначале частично, а затем и полностью перекрывают промежутки между линиями другой полосы. Причём перекрывают с регулярностью, которая целиком и полностью подчинена разности количества вертикальных линий в каждой из полос.



На рисунке в верхних полосах у всех четырёх пар ровно по 100 вертикальных линий (что условно соответствует частоте 100 Гц), а в нижних полосах в первой паре их 101 (101 Гц), во второй 103 (103 Гц), в третьей 105 (105 Гц), в четвёртой 110 (110 Гц). Убедиться в этом несложно, если посчитать. И участков, где линии одной полосы перекрывают промежутки между линиями другой полосы, то есть затемнённых, в первой паре 1, во второй 3, в третьей 5, в четвёртой 10. То есть в каждом случае их количество равно разности количества линий в обеих полосах каждой пары.

Понятно, что если пары полос продолжить, то и таких участков, и промежутков между ними всегда будет равное количество. И это уточнение сделано отнюдь не случайно. Дело в том, что, воображая динамические (по уровню громкости) пульсации, которые мы называем биениями, или говоря о

них, мы, как правило, имеем ввиду пики этих пульсаций (то есть моменты максимальной громкости). И у многих при взгляде на приведённый выше рисунок наверняка сложится представление, что пики – это и есть места, где линии одной полосы перекрывают промежутки между линиями другой, то есть затемнённые участки. Но это неверно. Пики приходятся на участки между затемнёнными участками, то есть на те места, где линии одной полосы накладываются на линии другой полосы, а не на промежутки между ними. Второй рисунок это иллюстрирует, а комментарий к нему объясняет.



Когда мы говорим, что фронт звуковой волны есть уплотнённый слой воздушных частиц, а тыл есть слой частиц разрежённый, то не мешает уточнить, уплотнённый или разрежённый относительно чего? Разумеется, относительно усреднённой плотности воздуха в пространстве распространения этих волн.

Вряд ли кто-то станет оспаривать утверждение, что два одновременных звука всегда громче любого из них одного (большинство хоров фортепиано для того и устроено из двух и трёх струн). Если это звуки равночастотные, то физическое явление захвата частоты всегда и мгновенно синхронизирует их по фазе, вследствие чего фронты волн одного звука целиком и полностью совпадают с фронтами волн другого звука, а тылы, соответственно, совпадают с тылами, что и порождает эффект удвоения громкости (при других количествах звуков – утроения, учетверения и т. д.) Но если звуки имеют частоты различные, то у каждого из них фронт с фронтом и тыл с тылом совпадают целиком и полностью только у одной волны, причём с периодичностью, равной разности частот звуков. А в промежутках между этими полностью совпадающими волнами, то есть ровно в полупериоде, если считать периодом полные совпадения, фронт одной волны одного звука полностью совпадает с тылом тоже одной волны другого звука. Фронты и тылы всех остальных волн в промежутках между полностью совпадающими и полностью несовпадающими волнами совпадают частично: при убывании громкости биений – всё больше и больше, а при нарастании – всё меньше и меньше. Уменьшение или увеличение громкости биений происходит по следующей причине. Когда слои двух волн, уплотнённый и разрежённый,

накладываются друг на друга полностью, в них происходит полное уравнивание плотностей до усреднённого уровня плотности воздушной среды, в которой эти волны распространяются. А когда уплотнённый и разрежённый слои накладываются друг на друга частично, то так же частично уменьшаются плотность уплотнённого слоя и разрежённость разрежённого. Если от одной пары волн к другой величина взаимоналожения уплотнённого и разрежённого слоёв постепенно возрастает до полного их совмещения, а затем так же постепенно убывает до полного совмещения уплотнённого слоя с уплотнённым, а разрежённого с разрежённым, что можно считать периодом биений, слух в первом полупериоде фиксирует постепенное ослабление звучания до «нуля» (в этой паре гармоник!), а во втором такое же постепенное его усиление до достижения максимальной громкости.

На втором рисунке взяты за основу две полностью совмещённые полоски линий, где на каждые 100 линий одной полоски приходится 103 линии другой (то есть, условно, 100 Гц и 103 Гц , следовательно, 3 б/сек.) А над полоской в виде графической проекции её главного содержания выстроен график из двух периодических кривых, символизирующих биения. На линии абсцисс, символизирующей ноль, то есть отсутствие звучания, кривые совпадают, поскольку плотности фронта одной волны и тыла другой «уравновесили» друг друга до установления усреднённой плотности воздушной среды. А далее фронты одной и тылы другой волн начинают всё более и более отдаляться друг от друга, следовательно, фронты волн одного звука начинают сближаться с фронтами волн другого звука, а тылы, соответственно, сближаться с тылами, громкость звучания нарастает, и в моменты, когда фронт и тыл одной волны полностью совпадают с фронтом и тылом другой, громкость достигает максимума, удваиваясь (что и символизируют «сдвоенные» кривые пиков, «волна на волне»).