

The book cover features a black background with vibrant green wavy lines at the top and several green sine waves on the left and right sides. A large, irregular red outline frames the central text.

АНДРЕЙ БРОННИКОВ

ГИТАРА

БЕЗ

МИФОЛОГИИ

Андрей Бронников  
**Гитара без мифологии**

«Автор»

2023

## **Бронников А.**

Гитара без мифологии / А. Бронников — «Автор», 2023

О том, как в гитаре образуется звук, почему он бывает красивым, но не всегда. Влияет ли несущая конструкция электрогитары на её звучание, и как это влияние осуществляется, в чём секрет Страдивари, стоит ли покупать или заказывать мастерскую гитару. Как самостоятельно изготовить качественные струны, устранить «волчок», создать в детской гитаре «взрослое» звучание. И наконец, стоит ли верить «знатокам», рассказывающим о гитарах в интернете.

© Бронников А., 2023

© Автор, 2023

## Содержание

Часть 1. Ликбез	5
1.0. Загадка индукционного датчика	5
1.1 Атака и сустейн	7
1.2. Резонансы и обертоны	8
1.3. Взаимодействие резонансов	10
1.4. Динамическая эквалализация	12
1.5. Декремент затухания как удельное свойство материала	14
1.6. Механическое напряжение	15
1.7. Акустическая константа (К)	16
1.8. Микрофонный эффект (заводка)	17
1.9. Проблемы строя	18
1.10. Письма от неучей	19
1.11. Что такое «волчок», и как с ним бороться	21
1.12. Волчок-сверчок	22
1.13. А что же с датчиками?	24
Конец ознакомительного фрагмента.	25

# Андрей Бронников

## Гитара без мифологии

### Часть 1. Ликбез

#### 1.0. Загадка индукционного датчика

В давние-стародавние времена, когда интернета ещё и в помине не было, возник у нас с одним креативным малым дерзкий проект. Вознамерились мы обессмертить свои имена созданием безрезонансного датчика для электрогитары. По нашему разумению, резонанс датчика является нежелательным, ибо затрудняет эквализацию сигнала.

Откуда этот резонанс берётся? Катушка датчика представляет собой индуктивность (L), это совершенно очевидно, менее очевидно, но факт, что между витками возникает ёмкость (C). А LC – это знакомый нам со школы колебательный контур, имеющий собственную частоту. Вот этот «недостаток» мы и решили устранить.

Идея была проста, как всё гениальное: секционированием катушки повесить её собственную частоту выше пределов слышимого, создав во всём слышимом диапазоне почти линейную АЧХ. Секционированная катушка не была нашим изобретением, в радиоприёмной аппаратуре их применяли много лет. Свою заслугу мы видели в идее применения такого решения в гитарном датчике.

Сказано-сделано, и... результат не понравился ни одному гитаристу. Да что там, нам самим звучание не понравилось. Мы пытались исправить дело эквалайзерами, но это ничего не дало.

Другой смелый эксперимент я проводил в одиночку. Это была приставка к электрогитаре для улучшения звучания путём пропуска звука через акустическую древесину. И снова ничего! Электромагнит исправно передавал колебания еловой деки с наклеенными стальными пластинами, датчик эти колебания исправно снимал, а звук несколько не становился похожим на звук акустической гитары.

В те же времена в некоторых кругах возник спор, который и ныне продолжается уже на страницах интернета: влияет ли несущая конструкция электрогитары на звучание? Сторонники влияния никак не обосновывают свои утверждения теоретически, они исходят из субъективных ощущений, а вот их оппоненты приводят массу аргументов.

Например: некоторые фирмы делают грифы электрогитар из углепластика, другие делают корпуса из ДВП. Другой аргумент: амплитуда колебаний деки электрогитары во много раз меньше амплитуды колебаний струн, их даже не видно. А ещё в интернете есть ролик, где тестируют стратокастер с деревянным и пластмассовым корпусами, звучание невозможно отличить... А в дискуссиях они задают оппонентам риторический вопрос: «А ты сможешь определить по звучанию, из какого дерева сделана дека электрогитары?» И тем нечем крыть!

Однозначно, не влияет!!!

Вот только... На акустической гитаре колебания деки так же микроскопичны, и глазом не видны. А в интернете есть ролик, где тестируют два «дредноута», один деревянный, другой – пластмассовый, и звучание тоже один в один. И в слепом прослушивании материал акустической деки вы тоже не сможете определить.

И какой вывод? Может быть, и в акустических гитарах несущая конструкция не влияет на звучание? Нет, вывод, что все эти аргументы несостоятельны.

И конечно же, коронный аргумент невлиальщиков: индукционный датчик не преобразует колебания немагнитной деки в ЭДС! Похоже, в школе физику не прогуливали. Правда, и подключенную электрогитару в руках не держали. И на вопрос, почему разные электрогитары звучат так по-разному, у них готов ответ: всё дело в датчиках. Но вопрос, каковы должны быть параметры хорошо звучащего датчика, повергает их в ступор.

Да, знания за среднюю школу здесь недостаточны, чтобы найти ответы на все эти вопросы, надо изучить физику колебательных явлений посерьёзней, чем она даётся в школьной программе.

## 1.1 Атака и сустейн

Звучание струны состоит из двух фаз – атака и затухание. Обе фазы протекают по графику логарифмической функции, иначе говоря, по экспоненте. Длительность затухания называют сустейном, и характеризуют временем, в течение которого амплитуда колебаний струны понижается на 30 децибел.

Наиболее важна для восприятия характера звучания фаза атаки. В давние времена проводился эксперимент: из магнитофонной записи звучания разных инструментов удалили фазу атаки, так при прослушивании таких фонограмм профессиональные музыканты саксофон от рояля не могли отличить. Вывод: характер звучания инструмента формируется на стадии атаки.

\*\*\*

Сустейн зависит от многих факторов, как в струне, так и в несущей конструкции.

Чем выше добротность струны, сильнее натяжение, тем сустейн будет длительней, а атака ярче.

Чем выше упругое сопротивление несущей конструкции, и больше длина рабочей части струны, тем сустейн длительней, а атака мягче.

Поскольку затухание протекает по экспоненте, его можно характеризовать через основание логарифмической функции, взяв шаг во времени, равный периоду колебания. Эта величина получила название логарифмический декремент затухания.

Логарифмическим декрементом затухания называется натуральный логарифм отношения двух последовательных амплитуд, взятых через период.

Обозначается греческой буквой лямбда,



но в тексте буду использовать аббревиатуру ЛДЗ.

## 1.2. Резонансы и обертоны

Со школьных лет, а кто и раньше, мы помним притчу про солдат, что по мосту шли строем в ногу, и рухнул мост... Ну как же так!

В дискуссиях по музыкальным инструментам в интернете мне не единожды советовали учить физику, высказывая уверенность, что в школе я её не учил. На таких «советчиков» быстро нашёлся приём: определение резонанса помните? Хорошо, а почему такое происходит? Что с неким физическим телом на некоторой частоте не так, как на любой другой? Почему при воздействии сравнительно небольших усилий с некой частотой рухнул мост, способный выдерживать в разы большие статические нагрузки?

Ни один из самонадеянных оппонентов ответить не смог. Да, друзья, пятёрка по физике в школьном аттестате не делает вас экспертами в технических областях знаний, в том числе в музыкальной акустике. Резонанс в школе не изучают, а именно проходят.

Чтобы найти ответ на этот каверзный вопрос, снова вспомним про колебательный контур, который в школе так же проходили. КК имеет собственную частоту, и может использоваться в электронном генераторе колебаний в качестве частото задающего узла. А ещё, если через него пропустить несколько сигналов различных частот, мы можем обнаружить, что лучше всего, с наименьшими потерями по амплитуде, будет проходить сигнал с той самой частотой, которую КК задаёт в генераторе.

И что это значит? А это значит, что на резонансной частоте КК имеет минимальное электрическое сопротивление. И если правильно сформулировать причинно-следственную связь, получим определение: резонансная частота колебательного контура это такая частота, на которой его электрическое сопротивление минимально.

От электроники перейдём к механике. Многие физические тела имеют заметный резонанс на определённых частотах. И теперь нам несложно догадаться, откуда он берётся. Да, механическое (упругое) сопротивление физического тела неодинаково на разных частотах, и его резонансная частота – это частота, на которой упругое сопротивление минимально.

Вспомним школьную шутку про электрический ток: он похож на лентя, поскольку стремится идти по пути наименьшего сопротивления. Вот и свободное колебание тоже норовит сформироваться на частоте, встречающей наименьшее сопротивление, хоть электрическое, хоть механическое.

Сопротивление на резонансной частоте обязательно ниже, чем при статической нагрузке, в некоторых случаях во много раз. А упругое сопротивление чётко связано с пределом прочности. Разумеется, музыкальные инструменты делаются с достаточным запасом прочности, чтобы не рассыпались от собственного звучания, это для лучшего понимания явления. Например, почему же развалился мост из легенды.

\*\*\*

Если руководствоваться параллелью с колебательным контуром, резонанс у физического тела может быть только один. Выходит, у струны может быть только один тон, у несущей только один резонанс.

К счастью, это не так. У колебательного контура электронный резонанс действительно один, а вот у физических тел график частота-упругое сопротивление зачастую имеет весьма замысловатую форму, в которой помимо глобального минимума присутствуют ещё и локальные. Такие точки на этом графике, из которых что вверх по частоте, что вниз, сопротивление увеличивается, и соответствуют частотам резонансов. При этом, чем выше абсолютное значение сопротивления в точке некоторого локального минимума, тем слабее резонанс на данной частоте.

Здесь снова уместна параллель из электротехники: так же распределяется мощность между несколькими параллельными резисторами с разным сопротивлением.

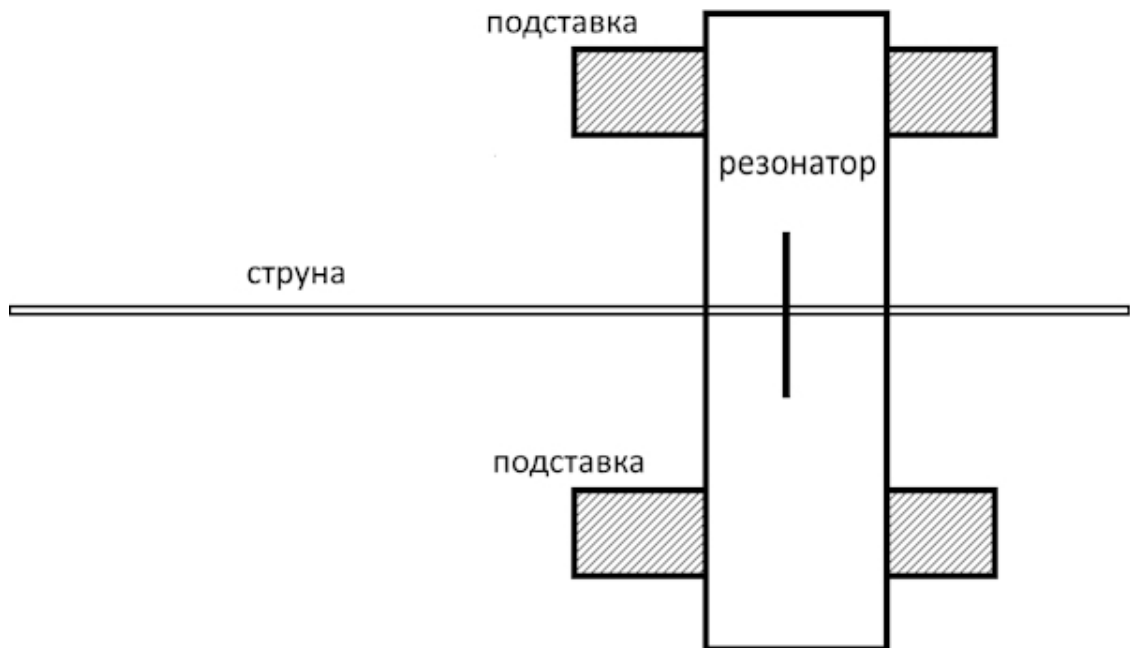
Вот так в струнах возникают линейки обертонов, а несущая часть обычно имеет несколько резонансов. Взаимодействие гармоник струн и резонансов несущей части почти всецело определяет звучание инструмента.

### 1.3. Взаимодействие резонансов

Проведём лабораторную работу. Для неё нам потребуются:

Гитарный тюнер и тюнер для настройки ударных инструментов, скачанные и установленные в компьютере, струна, лучше всего нейлоновая (даже не карбоновая), колонок, кое-какие дощечки и брусочки.

Сделаем вот такой «стенд»:



Для начала нам надо добиться унисона между струной и резонатором. Когда вы его добьётесь, поймёте это по ужасному звучанию. Запомните его, это «волчок», о нём ещё поговорим. А теперь понемногу будем сдвигать брусочки, понижая или повышая тон резонатора, при этом каждый раз измеряя тюнером тон струны.

И что обнаружим? Тон струны изменяется вслед за изменением тона резонатора! Но чем дальше мы смещаем тон резонатора, тем отклонение тона струны от первоначального становится меньше.

Объясняется это просто: струна и резонатор образуют единую колебательную систему, и их графики частота-упругое сопротивление складываются. При этом минимумы находятся не на одной и той же частоте, суммарный минимум оказывается где-то между исходными. Несколько сложнее понять, почему этот минимум всегда находится ближе к частоте струны, причём разница может быть во много раз. Для этого надо изучить такой параметр, как добротность (обозначается «Q»).

Добротность пропорциональна числу колебаний, совершаемых системой за время, в течение которого амплитуда уменьшается в  $e$  раз. Таким образом, добротность и ЛДЗ являются обратно пропорциональными величинами.

$$Q = \pi / \lambda$$

Понятно, что чем выше добротность, например, струны, тем длительней сустейн. А ещё чем выше добротность, тем уже и острее будет диаграмма частота-упругое сопротивление. В результате, при одинаковом отклонении от частоты резонанса, упругое сопротивление у более добротного тела возрастёт больше. Поэтому относительно низкодобротная дека нормально воспринимает колебания в широком диапазоне частот, а высокодобротные струны допускают очень небольшие отклонения.

Девиациям подвергается не только основной тон, но и обертоны. В спектре одной ноты или аккорда одни обертоны завышаются, другие занижаются.

## 1.4. Динамическая эквализация

Мы знаем, что чем меньше упругое сопротивление несущей конструкции, тем сильнее атака, и короче сустейн в струне. Знаем так же, что резонанс представляет собой перепад упругого сопротивления на частотной шкале.

Логично предположить, что различные гармоники отдельно взятой ноты, встречая разное значение упругого сопротивления, так же будут отличаться по скорости нарастания и последующего убывания амплитуды. И даже переход из фазы нарастания в фазу убывания будет происходить не одновременно.

Да, чем меньше упругое сопротивление несущей на некоторой частоте, тем гармоника с данной частотой будет быстрее нарастать и убывать по амплитуде, и тем переход из нарастания в убывание произойдёт раньше. При этом характер звучания в нашем восприятии формируют главным образом, гармоники с наибольшей скоростью нарастания.

\*\*\*

Резонансы несущей конструкции гитары, как и многих других струнных инструментов, создают в струне девиации частот и различные для разных гармоник параметры нарастания и убывания амплитуды. Когда-то первые музыкальные синтезаторы, а затем и компьютеры не могли моделировать эти факторы, и звучание получалось лишь отдалённо похожим на звучание реальных инструментов. И лишь появление высокопроизводительных компьютеров и соответствующего софта позволило моделировать звучания практически неотличимо от оригинала.

Однако, несмотря на большую значимость для формирования звучания, совокупность этих факторов не удостоилась специального термина. Я предлагаю назвать это динамической эквализацией. Соответственно, эквализацию, получаемую, например, с помощью электронных формирователей тембра, называть статичной эквализацией.

И теперь мы можем ответить на целый ряд вопросов.

Первое: почему ничего не дал эксперимент с пропуском звука через деревянную мембрану?

Всё просто: широко распространено мнение, что проходя через древесину, звук непостижимым, почти волшебным образом улучшается-насыщается-обогащается, а это не так. Создаётся некоторая статичная эквализация, не более того. Без динамической эквализации класс звучания остаётся прежним, плохой звук остаётся плохим.

Второе: влияет ли несущая конструкция электрогитары на звучание?

Однозначно, ДА. И в акустических и в электрических струнных инструментах звучание формируется в струне, и качество и характер этого звучания в огромной мере зависит от качества динамической эквализации, создаваемой резонансами несущей конструкции. При этом индукционные датчики так же создают динамическую эквализацию своими резонансами.

Третий вопрос более изощрённый: влияет ли гриф гитары на звучание?

Влияет, причём у электрогитары-боди резонанс грифа самый сильный. Статичное упругое сопротивление грифа ниже, чем у корпуса, соответственно, при практически одинаковой добротности, резонанс сильнее. В акустической гитаре резонанс грифа заметно слабее резонанса деки, но он так же создаёт динамическую эквализацию, которой может не только улучшать, но и портить звучание.

Четвёртый: можно ли статичной эквализацией исправить недостатки динамической?

В очень ограниченных пределах. Если динамическая эквализация некой гитары такова, что она звучит как консервная банка, с помощью статичной эквализации электронного эквалайзера вы сможете получить звучание другой консервной банки, и даже жестяного ведра, но никак не хорошей гитары.

Означает ли это, что статичная эквализация совсем бесполезна? Вовсе нет, наилучшее звучание получается благодаря грамотному сочетанию обоих видов эквализации.

\*\*\*

Далеко не праздный вопрос: сколько резонансов нужно для хорошего звучания? Чем больше, тем лучше? Разумеется, это не так. Если частоты хотя бы двух резонансов при некоторой добротности сблизятся настолько, что уменьшится разница между минимумами и максимумами АЧХ в диапазоне этих резонансов, то оба они потеряют выразительность, что ухудшит звучание инструмента в целом. Схождение резонансов – очень распространенная ошибка, как плохих мастеров, так и неграмотных разработчиков в серийном производстве.

Желательно, чтобы диаграмма частота-упругое сопротивление состояла сплошь из наклонных линий.

Получается, увеличивая количество резонансов, мы должны повышать их добротность. И насколько же мы можем их повесить? До каких пределов?

Загвоздка в том, что детали несущей конструкции при игре совершают не только вынужденные колебания на частотах колебаний струн (почти), но и свободные на своих собственных частотах, воруя для этого энергию у струн. И чем выше добротность резонансов этих деталей, тем больше амплитуда и длительней сустейн их собственных колебаний.

При оптимальных значениях добротности эти колебания очень толково прикидываются реверберацией, но при значениях выше оптимальных образуют неприятный гул. Он тем более неприятен, что не вписывается ни в одну тональность, поскольку детали несущей настраиваются в четверть тона от хроматических ступеней.

Так мы попадаем в жёсткие рамки: низкая добротность резонансов приводит к невыразительному звучанию, а слишком высокая к гулу.

Для достижения хорошего звучания добротность резонансов несущей конструкции должна находиться в узких оптимальных пределах.

Поэтому не имеет смысла располагать резонансы ближе 9-ти полутонов, а чаще всего их располагают в интервалы в 11 или 13 полутонов. Не рекомендуется располагать в 12 полутонов (чистую октаву). 6-7 резонансов при правильной расстановке по частотам и оптимальных значениях добротности дают отличное профессиональное звучание, дальнейшее наращивание количества резонансов заметного улучшения звучания не даёт.

## 1.5. Декремент затухания как удельное свойство материала

А есть у материала свойство, влияющее на добротность резонанса физического тела? У металлических струн, особенно у дискантов, сустейн заметно длительней, чем у нейлоновых. У металлофона он в разы длительней, чем у ксилофона. Несомненно, материал обладает как минимум, одним свойством, определяющим декремент затухания тела. И называется оно так же: логарифмический декремент затухания. Учёные мужи не удосужились придумать для этого свойства собственное название. Поэтому приходится различать ЛДЗ как характеристику тела или конструкции, и ЛДЗ как удельное свойство материала.

В общих чертах, ЛДЗ как свойство материала – это ЛДЗ некоего стандартного образца из этого материала при некоторых стандартных условиях. И это очень важная характеристика материала для музыкальных инструментов. В первую очередь, оно оказывает сильное влияние на добротность резонансов физических тел.

Как мы помним, для хорошего звучания добротность резонансных тел должна находиться в некоторых оптимальных пределах. Соответственно, эти тела, проще говоря, детали инструментов очень желательно изготавливать из материалов с оптимальными показателями по ЛДЗ.

Да, друзья, пригодность материала в качестве резонансного определяется не принадлежностью к древесинам, не способом просушки, не фактурой, не ценой, не плотностью, не страной произрастания, а в первую очередь показателем логарифмического декремента затухания.

Остаётся неясным, как нейлоновые струны умудряются сохранять строй, ведь декремент нейлона даже выше, причём намного, чем у древесины. Почему же нейлоновые струны не подвергаются сильным девиациям? Чтобы с этим разобраться, нужно ознакомиться с таким явлением, как

## 1.6. Механическое напряжение

Про электрическое напряжение нам рассказывали в школе, а про механическое (обозначается строчной греческой буквой сигма),



забыли рассказать. А оно гораздо проще для понимания.

Если вы сожмете рукой обычный кистевой эспандер, почувствуете силу, стремящуюся распрямить эспандер, и чем дольше будете его удерживать, тем лучше будете её чувствовать. Когда же вы его отпустите, он примет обычную свою форму.

При сжатии в нем возникло то самое механическое напряжение, а потом снялось.

Когда вы натягивание струну на гитаре, так явственно возникающее в ней напряжение не чувствуете, а оно возникает, и нарастает. И если вы перетянете струну, она лопнет. Напряжение превысит предел прочности, и разрешится в разрыв струны.

Величина механического напряжения выражается как сила, делённая на площадь, к которой она приложена. Для струны совсем просто: сила натяжения на площадь поперечного сечения ядра.

Оно-то и понижает декремент затухания материала, и повышает добротность струны. Теперь нам понятно, почему карбоновые струны дают больше сустейна и обертонов, чем нейлоновые, а металлические больше, чем карбоновые. Сечение струны обратно пропорционально плотности материала, следовательно, напряжение ей прямо пропорционально.

Вот так струны из материала с высоким декрементом затухания обретают приемлемую добротность. Но всё же приходится слышать жалобы гитаристов-классиков на фальшь ля-большого на 6-й струне. На 5-й нет, а на 6-й есть! Дело в том, что 5-я и 6-я струны навиваются на одинаковый kern, чуть ли не с одной бобины, а 6-я обычно делается на меньшую силу натяжения. Соответственно, у неё ниже добротность, и она подвергается девиации от резонанса задней деки.

Вы могли заметить, что с ростом напряжения повышается собственная частота тела, в данном случае струны, но при этом ещё и понижается декремент затухания. И в нейлоновых струнах он достигает вполне приемлемых величин.

Напряжение в струне повышает не только добротность, но и склонность к образованию обертонов. До некоторого уровня оно улучшает звучание, однако при чрезмерно высоких значениях звук становится надсадным, неприятным.

Усилие натяжения струн передаётся и несущей конструкции, так же создавая в ней напряжение, и повышая добротность её резонансов. Особенно это заметно на передних деках акустических инструментов. И если добротность деки ниже оптимального значения, её можно повысить, создав дополнительные напряжения при помощи пружин. Пружина сгибается так же, как выгибаются обечайки, и приклеивается к деке внатяг. Так же небольшое напряжение создают некоторые лакокрасочные материалы, особенно нитроцеллюлозные.

## 1.7. Акустическая константа (К)

Вторым по значимости акустическим свойством материалов является акустическая константа. Почему её называют константой, совершенно непонятно, это скорее имя собственное данного свойства. И даже названия у единиц её измерения нет. И даже выражают её по-разному: в одних источниках К ели =12, в других =1200. Хорошо, что в 100 раз, легко пересчитывать, и не перепутаешь.

Чем же она полезна? Во-первых, она отражает излучательную способность материала, что важно для дек акустических струнных инструментов. Выше К материала деки, громче звучание. Во-вторых, частота резонансного тела прямо пропорциональна К материала (с незначительными отклонениями). Поэтому формирование частоты резонанса той или иной детали инструмента начинается с подбора материала с нужной К.

Самая простая формула  $K = \text{скорость звука} / \text{плотность}$ . Однако замер скорости звука дело сложное, поэтому более практична формула  $K = (E/\rho^3)^{-2}$ , где E – модуль упругости,  $\rho$  – плотность.

## 1.8. Микрофонный эффект (заводка)

Свидетели невлияния несущей конструкции на звучание электрогитары аргументируют своё невежественное утверждение тем, что индукционный датчик не может преобразовывать в ЭДС колебания немагнитных предметов. Деревянная дека немагнитна, следовательно...

Ах, если бы и правда было так, одной проблемой было бы меньше.

Суть её в том, что система датчик-усилитель-динамик при некоторых условиях образует автоколебательную систему с обратной связью. Эксперименты показывают, что «завести» отдельный датчик очень непросто, а вот когда он установлен на деке, заводится охотно.

Площадь деки во много раз больше площади датчика, поэтому она воспринимает в разы большую энергию колебаний воздуха, а уж с неё колебания снимает датчик, и пошёл процесс... Поэтому деку тоже следует включить в перечень элементов автоколебательной системы, как элемент, обеспечивающий обратную связь, и задающий частоту, ибо «заводка» происходит именно на частоте её основного резонанса.

Как такое получается? Дело в том, что на датчик, вопреки утверждениям «великих физиков», действует вибрация корпуса, а поскольку обмотка и магнит имеют различные акустические свойства, возникает разница амплитуд, и смещение фаз. Этого хватает для возникновения в обмотке переменной ЭДС. Да, одно дело, когда в магнитном поле датчика колеблется немагнитное тело, другое, когда сам датчик подвергается вибрации.

Частотоподающим элементом стихийного генератора колебаний может послужить и металлическая крышка датчика. Зачастую их штампуют из латуни, приписывая ей особое влияние на магнитное поле. Декремент затухания латуни и так невысок, а при штамповке в ней возникают внутренние напряжения, понижающие декремент. Поэтому крышка весьма чувствительна к внешним колебаниям, и всегда готова засвистеть на собственной частоте.

Гитарные мастера, да и сами гитаристы борются с этим явлением путём акустической изоляции датчика от деки при помощи резиновых или поролоновых прокладок, но радикальным решением является высокочастотный электронный фильтр, вырезающий из сигнала резонансные частоты деки и крышек. Хорошо противостоят «заводке» датчики системы «сплит», где в двух обмотках наводки от колебаний деки оказываются в противофазе. Такие датчики гитаристы называют «шашечками» из-за их формы.

Разные конструкции гитар проявляют различную склонность к заводкам. Наиболее склонны адаптированные акустики, поскольку высокая излучательная способность дек обобщается высокой чувствительностью к внешним колебаниям. Несколько менее склонны полуакустики. Их деки обычно делаются из материалов с гораздо меньшей акустической константой, именно для того, чтобы снизить склонность к заводкам, а излучение от них не требуется. Наименее склонны цельнокорпусные, так же сделанные из материалов с относительно низкой  $K$ .

## 1.9. Проблемы строя

Начнём, пожалуй, с такой каверзной штучки, как негармоничность обертонов. Настроить гитару умеют все. Чего сложного – берём тюнер, и настраиваем открытые струны на нужные частоты, подробнее рассказывать смысла нет. Чуть сложнее – по специальному камертону, но то же самое...

Но если после такой настройки мы возьмём одновременно открытые 1-ю и 6-ю струны, консонанс будет фиговенький, при интервале ровно в 2 октавы мог быть получше. И его действительно можно улучшить, если немного понизить 6-ю струну, контролируя понижение по слуху. То же и с 5-й струной – консонанс октава+квинта получается лишь после дополнительной настройки, при понижении 5й струны.

Вообще, если по камертону настроить только 1-ю струну, а остальные – по глубине консонанса между струнами, звучание инструмента, будет лучше, а тюнер будет показывать занижение тона, тем большее, чем больше номер струны, причём на металлических струнах сильнее, чем на синтетических.

Почему же такое происходит? Мы знаем, что консонанс создаётся кратным соотношением частот основных тонов, настраивая по тюнеру или генератору, мы эти соотношения соблюдали, почему полученные тона после дополнительной настройки лучше гармонируют?

Дело в том, что консонанс обусловлен не столько кратным соотношением основных тонов, как совпадением, или близким к совпадению состоянием возможно большего количества обертонов. Тут вы скажете: «Так об этом же и говорим – обертоны же находятся строго в кратных соотношениях с основными тонами, следовательно...» Стоп!!! Вот ещё одно неверное представление.

То есть, у некоторых источников звука так оно и есть, но не у струн. У струн такое может быть лишь в случае абсолютно нулевого сопротивления поперечному изгибу, что на практике абсолютно невозможно. Поэтому у живой струны обертоны высят по сравнению с результатом расчёта (частота первой гармоники помноженная на номер рассматриваемой). Причём у металлических струн, как мы уже заметили, сильнее, чем у синтетики, ибо у них выше сопротивление поперечному изгибу.

«А как же у фортепиано?» – а так же. Если настроить рояль или пианино по тюнеру или генератору, получится совершенно расстроенное звучание. Мастерство настройщика в том и состоит, чтобы сделать звучание воспринимаемым стройным на слух, жертвуя точностью относительно расчётных значений.

Является ли негармоничность обертонов неизбежным злом? Для струнных инструментов это действительно неизбежное явление, считаться с ним приходится даже при настройке инструментов, что уж говорить о конструировании и изготовлении... но в некоторых разумных пределах оно реально украшает звучание.

## 1.10. Письма от неучей

*Если бы мы произошли от обезьян,  
нас цыгане и теперь водили бы  
по городам на показ.*

©А.П.Чехов.

Как-то на одном интернет-ресурсе заспорили мы с одним Большим Журналистом о разнице между интеллектом и объёмом наличных знаний. Он утверждал, что это одно и то же. Чтобы дать ему шанс блеснуть интеллектом, я и задал вопрос: «На какую частоту настраивается гриф электрогитары-боди?» Ответ превзошёл все ожидания:

*Мне тут знакомые все ржут над твоим тупым вопросом...*

Надо же, *Мне тут знакомые!* Почти как Всемирный Экспертный Совет!

*...они говорят: «Если и настраивается, то это обычно верхняя дека у классических и акустических гитар...»*

Разумеется, последняя фраза дана для демонстрации глубины познаний. Разберёмся, насколько у них это получилось. Для начала обратим внимание, как они акцентируются на верхней деке. Нижнюю, стало быть, не настраивают.

В музыкальной акустике есть понятие «первая гармоническая форманта» (ПГФ). Это резонанс с довольно чётко определённой частотой. Именно на неё настраивается верхняя (передняя) дека акустических гитар. При изготовлении уменьшенных гитар (детских, либо повышенного строя) резонанс передней деки повышается, и не выполняет психоакустической функции Первой гармонической форманты, поэтому звучание у них другое, прямо скажем, негитарное. Как сказал Великий Учитель, речь о котором впереди, «Маленькие гитары и звучат по-маленькому». (У него дар на двусмысленные выражения).

Замечательный российский мастер Владимир Черняев (светлая ему память) сделал детскую гитару с передней декой, резонирующей на нужной частоте, и получил полноценное гитарное «взрослое» звучание.

Ранее «Отец электрогитары» Леонидас Фендер, конструируя «Телекастер», озаботился внесением в его спектр ПГФ. На толстом корпусе-боди её не удавалось разместить, у него основная частота октавы на полторы выше, и Фендер нашёл гениальное решение...

Спросим у любого гитариста: для чего гриф электрогитары делается длиннее, чем у акустической? Сто из ста ответят: «Для удобства игры». Не совсем так: удобство – лишь приятный бонус, а основная цель удлинения – понижение резонанса до частоты ПГФ. Внеся в спектр электрогитары первую гармоническую форманту, Фендер превратил её из реквизита для музыкальной эксцентрики в полноценный музыкальный инструмент. Не зря его называют отцом электрогитары, хотя чего-то подобного до него было сделано немало.

Да, дека акустики, и гриф гитары-боди резонируют в одном и том же узком диапазоне частот, и выполняют одну и ту же психоакустическую функцию. Проще говоря, это один и тот же резонанс. Почему некоторые «эксперты» в одном случае признают нужность и полезность его настройки, а в другом *ржут над тупым вопросом?* Логически мысля, если надо, то в обоих случаях, а если не надо, то ни в одном. Так надо, или нет?

Зайдём на Музкфорумс, на форум электрогитарных билдеров, спросим. Узнаем о себе много нового. Зайдём на Мастергитарс, профилированный под изготовителей классических гитар, и найдём целые темы, где товарищи обстоятельно и аргументированно доказывают: НЕТ. Ну-ну.

А Большой Журналист этим не ограничился, он с этого только начал. Он списался с Большим Гитарным Мастером, и процитировал его ответ. И ответ этот сводился к тому, что

*гриф – это прочность и геометрия, и ни о каких резонансах, а тем более их настройке, он слыхом не слыхивал.*

*Далее сообщалось, что Некий Гитарист тож стебётся над твоим вопросом, спрашивает: "А что, есть ещё маньяки, которые гриф настраивают?" у него один знакомый инуры паяет ток в полнолуние, настройка грифа "в основной резонанс", говорит, из той же оперы) они там рубанком грифы настраивают, что ль????????))))*

Гитариста-то зачем выделил из общего числа знакомых? Может быть, каждый, кто умеет набрать текст на клавиатуре, досконально знает её устройство и технологию изготовления? И над чем он *стебётся*? Над собственным незнанием? А спросить бы у него: не хотел бы он гитару с двумя «волчками»? На соль-малом и соль-первом? Могу устроить на любой из его гитар. Настройкой грифа. До сих пор по такой методике я их только устранял, но и создать нет проблем.

И я провёл в интернете опрос среди гитарных «мастеров». Прикинувшись несчастным владельцем «волчашей» гитары, спрашивал, кто может помочь. Результаты удручающие. «Лучший» ответ снова дал тот самый Большой Мастер:

*«Волчки иногда можно убрать с помощью замены седел тремоло или замены звучков с менее сильными магнитами. До сих пор неизвестно никому причины их появления...»*

Ого!

*«100% гарантии, конечно, нет...»*

А что так, я вот могу дать стопроцентную гарантию, что предлагаемые меры не помогут. И что за меры: могу поковыряться, вдруг чего получится.

В следующем параграфе я расскажу такое, чего (якобы) до сих пор *неизвестно никому*, и в мире прибавится «маньяков», которые настраивают гриф.

## 1.11. Что такое «волчок», и как с ним бороться

Вопрос на форуме: «... а может быть, это особенность инструмента, те самые «страшные волчки», которые навсегда? Как это узнать? Можно ли шкуркой и любовью поправить? Где этому научиться?»

«Мудрость» в одном видеоролике: «Волчок – это врождённый дефект древесины, встречающийся на смычковых инструментах».

«Почему в гитаростроении так редко делают двойную деку? Ведь она гарантирует от волчков!» – спросил меня один пользователь одного форума. «Почему в гитаростроении не делают переклеенный гриф? Ведь он гарантирует от волчков!» – спросил второй.

Кто им сказал такие глупости, они не сознались, но ретранслировали их с верой в их истинность. А на другом форуме прочитал, что якобы Мстислав Ростропович заявил как-то, что на виолончели без «волчка» и играть не станет. Цитировавший был ошарашен таким заявлением, оно противоречило его представлениям о прекрасном.

Чтобы в этом разобраться, уясним, что такое «волчок». Спросим у музыкантов. «Это когда одна нота резко отличается звучанием от остальных, причём явно в худшую сторону». На виолончелях такие ноты напоминают волчий вой, отсюда термин «волчий тон», коротко – «волчок».

А теперь заглянем в справочник Л. А. Кузнецова: «Природа появления волчьего тона – совпадение (или близкое положение) резонансов струны и корпуса...»

А мы знаем, что для хорошего звучания в инструменте необходимы резонансы. Теперь можем уточнить, что хотя бы два-три из них должны быть достаточно сильны, чтобы при совпадении с ними по частоте тона струны создавать «волчок». Отсюда вырисовывается два метода борьбы с этим явлением:

1. Делать инструменты со слабыми резонансами. Это нам не подходит. Знаменитый виолончелист прекрасно знал, что виолончель без единого «волчка» – дрова, слабые резонансы – унылое звучание.

2. Выбирать частоты резонансов как можно дальше от частот хроматических ступеней. А поскольку хроматические ступени натканы на частотной шкале через полтона, то получить интервал больше четверти тона не получится, но практика показывает, что этого вполне достаточно.

**Полутон** – Музыкальный интервал, создаваемый соотношением частот как единица к корню двенадцатой степени из двух.

Вот так: никакие ухищрения в конструкции не могут гарантировать отсутствие «волчков», только подстройка частот резонансов. Вот и самый первый фактор, делающий настройку резонансов необходимым этапом изготовления штучных и мелкосерийных инструментов, и вынуждающий (тех, кто умеет) проводить её на многих серийных инструментах по просьбе владельцев.

Да-да, в том числе и резонансов грифа, а на электрогитарах-боди их-то в первую очередь.

В гитарах, как классических, так и фолк, так и боди, наиболее часто встречающийся случай, этакий король волчков, это соль малое, полтона вверх-вниз (частота той самой первой гармонической форманты). У акустик он генерируется передней декой, у боди – грифом. У электрогитар голова грифа выдает волчок на соль-диез первом. У акустик задняя дека волчит на соль-ля большой, причём, на 6-й струне нота может не отличаться звучанием, но фальшивить по тону.

Устраняется «волчок» юстировкой (настройкой) резонансов по частоте.

## 1.12. Волчок-сверчок

Так же волчком соло-гитаристы называют неприятное явление несколько иного рода. Называли бы хоть сверчком, чтобы не путаться с терминами. (То, что традиционно называется волчком, они называют мёртвыми нотами). Наблюдаются «сверчки» на электрогитарах при перегрузе, и как водится, никто не знает, откуда они берутся.

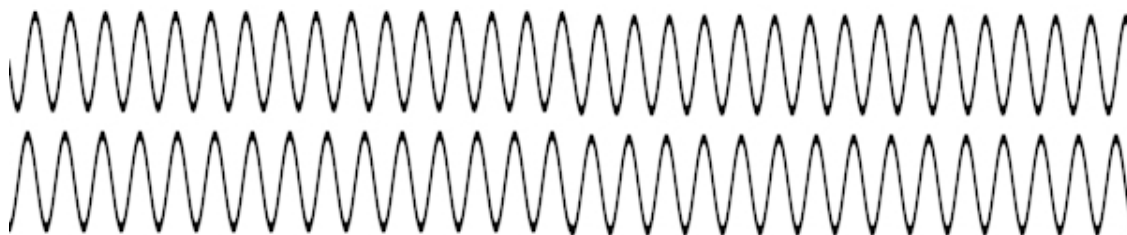
Возьмём гитару, и извлечём звук на открытой первой струне, и тут же её приглушим. А звук останется в виде неясного гула, в котором всё же угадывается ми первое. Если мы повторим извлечение, и приглушим все струны, никакого послезвучания не будет. Повторим ещё раз, и приглушим только первую, пятую, и шестую струны. Снова никакого послезвучания.

Дело в том, что третья гармоника пятой струны и четвёртая шестой по частоте очень близки к ми первой октавы, и резонируют на этой частоте. В классической технике игры уделяется внимание глушению ненужных в некоторый момент струн, так как их резонирование воспринимается как грязь в звучании.

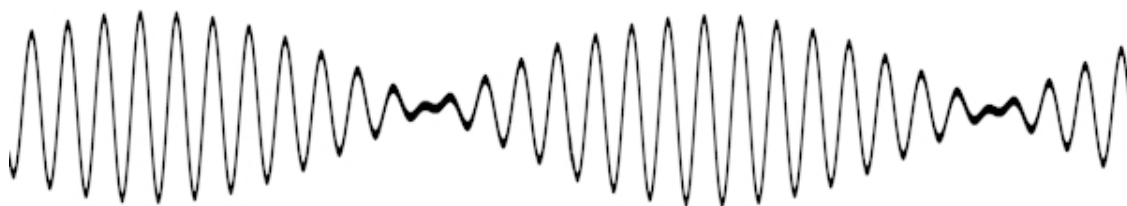
Рассмотрим такое явление, как биения.

Если вы попытаетесь настроить вторую струну не по тюнеру, а по старинке, добиваясь унисона прижатой на пятом ладу второй струны и открытой первой струны, вы эти биения услышите. Их наличие означает, что есть разница в частоте. Собственно, частота биений равна разности между частотами струн, и так и называется разностной.

Вот на рисунке две синусоиды, в одной на два периода больше, чем в другой:



А это их микс:



Отлично видны периоды биений.

А теперь подвергнем этот микс перегрузу:



Пошло чередование перегруженных и неперегруженных участков. Вот это и звучит как сверчок. Осталось выяснить, откуда берутся синусоиды с небольшой разницей по частоте.

Первая синусоида представляет одну из гармоник исполняемой ноты, а вторая – одной из открытых струн. Особенно жирные сверчки получаются при неполном совпадении основных тонов. Таким образом, на шестой струне наиболее опасны 5-й, 10-й, 15-й, 19-й, и 24-й лады, на пятой – 5-й, 10-й, 14-й, 19-й. Но, например, и первая струна на 3-м ладу может создать биения со второй гармоникой третьей струны. Поэтому опасных точек на грифе очень много.

Единственный действенный способ борьбы с этим явлением – демпфирование открытых струн. Некоторые гитаристы успешно используют для этого резинку для волос.

### 1.13. А что же с датчиками?

Масса креативных юношей, конструируя струнный электроинструмент, обращают взор к различным типам датчиков, надеясь получить нечто лучшее, чем могли бы, применяя старые добрые индукционные системы. Только пока никому не удалось это лучшее получить. В чём же прелесть индукционки? Разберёмся.

Нередко датчики своими техническими параметрами искажают величину измеряемых параметров. Причём искажение бывает двух видов. Первое – датчик врёт, передаваемые им данные не соответствуют реальным параметрам на измеряемом объекте. Второе – датчик сам меняет измеряемые параметры объекта, и снимает уже изменённые. Пример?

Некая экзотермическая химическая реакция должна проходить при строгом контроле над температурным режимом. Если масса термодатчика немала по сравнению с массой контролируемого вещества, он поглотит немало тепла, снизив температуру. Или принесёт своего, повысив температуру. Датчик напряжения при невысоком собственном сопротивлении (а по настоящему высокое в данном случае – бесконечность), шунтирует измеряемую цепь, снижая тем самым напряжение в ней, и передаёт уже пониженное напряжение...

У конструкторов мерительной техники постоянная, в принципе окончательно нерешаемая задача – борьба с этими явлениями. Вот и разберём, какие искажения вносит индукционный датчик, и как с ними бороться (и надо ли?).

Самый простой нюанс работы индукционного датчика обусловлен самой конструкцией системы датчик-струна. Дело в том, что траектория любой точки струны представляет не прямую линию, по которой струна совершает возвратно-поступательные движения, а многоконечную звезду. Датчик же лучше всего воспринимает колебания перпендикулярные его полюсу, а параллельные почти не воспринимает. В результате в снятом сигнале присутствует явная амплитудная модуляция, придающая звучанию узнаваемый «электронный» характер.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.