

к тону. Заканчивают проверку строя контролем правильности звучания аккордов в мелодии и басах, а также проверкой одновременно звучащих аккордов мелодии и аккомпанемента. Существенный момент проверки настройки: окончательный контроль должен выполняться не реже, чем через сутки после последней настройки, то есть когда будет практически закончен процесс релаксации механических напряжений и строй станет устойчивым.

3. Настройка щипковых и смычковых струнных инструментов

Рассмотрим настройку наиболее распространенных щипковых и смычковых инструментов. В отличие от фортепиано, здесь не нужно настраивать каждый отдельный звук диапазона инструмента, необходимо настроить только открытые струны, а остальные звуки при правильной разбивке ладов и точной установке подставки получают правильную настройку автоматически. Метод контроля биений при настройке интервалов, рассмотренный ранее, полностью применим к щипковым и смычковым инструментам. Для настройки щипковых инструментов, как правило, используют унисоны, а для смычковых — кварты, квинты. Отметим следующую особенность настройки струнных инструментов: в смычковых интервалы между звуками отдельных открытых струн (большая терция, квинта или кварта) являются чистыми, то есть настраиваются без биений. В щипковых инструментах, у которых на грифе имеются лады, их положение определяют в соответствии с темперированной шкалой частот. В смычковых инструментах звуки закрытых (прижатых) струн можно брать либо ближе к чистому строю, либо к темперированному — в зависимости от сольного или ансамблевого исполнения.

Настройка щипкового (или смычкового) инструмента должна начинаться с установки или проверки положения подставки на деке. Так как струна, прижатая на 12-м ладу, должна давать звук октавой выше открытой струны, то теоретически на 12-м ладу длина рабочей части струны должна делиться пополам. Но, прижимая струну к грифу, мы натягиваем ее и тем самым вызываем дополнительное повышение звука, которое можно компенсировать, дополнительно увеличив длину струны за счет удаления подставки от порожка. Чтобы это удаление не было слишком большим, струны стараются располагать как можно ближе к грифу. Техническими нормами предусматривается следующее расстояние от струны до ладовых пластин у 1-го и 12-го ладов [38]: в гитаре — 0,8 и 3,5 мм; в балалайке — 0,7 и 3 мм; в мандолине — 0,7 и 2,5 мм соответственно.

Подчеркнем здесь необходимость правильной установки струн по высоте над грифом, поскольку от этого параметра также зависит правильность строя струнных инструментов.

Обычно расстояние от порожка до подставки должно равняться удвоенному расстоянию от порожка до ладовой пластины 12-го лада

плюс примерно 2,5—3 мм в гитаре, 1,5 мм в мандолине и 1,5—2 мм в балалайке. Тщательная настройка требует индивидуальной регулировки положения подставки в каждом инструменте. Поскольку толстые струны больше повышают звучание при прижатии, басовый край подставки дальше от порожка, чем дискантовый. Расположение подставки на инструменте должно быть таким, чтобы обеспечивалась чистота настройки унисона, октав, квинт и кварт, взятых на разных струнах; обычно достаточно убедиться в правильности настройки унисонов и октав. Если октавы получаются с биениями, необходимо проверить и уточнить положение подставки.

Правильность установки подставки и правильность октавы 12-го лада можно проверить сравнением тона открытой струны и флажолетного тона, получаемого прикосновением пальца к струне над 12-м ладом. Если флажолетная октава завышена, то подставку сдвигают в сторону резонаторного отверстия; если же флажолетная октава занижена, по сравнению с тоном открытой струны, то подставку отодвигают от резонаторного отверстия. И в том и в другом случае корректируется высота тона открытой струны.

Правильность установки подставки несколько под углом к струнам при увеличении длины басовых струн, сравнительно с дискантовыми гладкими струнами, в гитарах должна обеспечиваться в производственных условиях (поскольку подставка гитары приклеивается), а положение подставок балалаек, домр, мандолин регулируется самим музыкантом в процессе настройки.

Ниже приведены планы настройки щипковых и смычковых инструментов. Цифры в таблицах (нижние 2 ряда) обозначают номера струн (первой считается самая тонкая струна) и номера ладов, на которых необходимо прижать струну, чтобы настроить ее в унисон с открытой струной, номер которой указан в верхнем ряду.

Гитара

Гитара семиструнная

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		440 Гц	1	2	3	4	5	6
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4	5	6	7
	Номер лада	7	3	4	5	3	4	5



Последовательность настройки других видов семиструнных гитар аналогична изложенной выше, за исключением того, что нота *ля*¹, настраиваемая по камертону, у терцовых гитар извлекается на четвертом ладу 1-й струны, у квартовых — на втором ладу 1-й струны и у квинтовых — на открытой 1-й струне.



Гитара шестиструнная

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		440 Гц	1	2	3	4	5
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4	5	6
	Номер лада	5	5	4	5	5	5



В других видах шестиструнных гитар нота *ля*¹ находится на втором ладу 1-й струны терцовой гитары, на открытой 1-й струне квартовой гитары, на третьем ладу 2-й струны квинтовой гитары и на пятом ладу 1-й струны гавайской гитары. Эти гитары имеют следующие строи:



Электрогитара - бас

В таблице для электрогитары-баса настройка первой струны производится либо в унисон по камертону с частотой 220 Гц, либо в октаву по камертону с частотой 440 Гц.

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		220 Гц	1	2	3
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4
	Номер лада	2	5	5	5



Гитара двенадцатиструнная

Гитара — один из таких инструментов, настройку струн которых можно варьировать по желанию самого гитариста для облегчения исполнения некоторых игровых приемов, для создания каких-либо

особых музыкальных эффектов. Это относится и к акустической, и к электрической гитаре, как для сольного, так и ансамблевого исполнительства. Для преодоления различных игровых затруднений музыканты применяют разные способы настройки струн.

Издавна распространена настройка шестиструнной и двенадцатиструнной гитары, основанная на квартовых интервалах между открытыми струнами. В двенадцатиструнной гитаре парные струны настраивают в октаву, исключая настройку в унисон двух тонких пар струн. Эта система настройки была распространена в конце XVIII столетия в Италии и Испании. В статье [39] описаны три разновидности систем настройки двенадцатиструнной гитары. Первая система настройки представлена на схеме 19. Ее особенность — четыре настроенные в унисон струны Ре. В этой системе можно настраивать и шестиструнную гитару, без октавных струн. Для такой настройки необходимы толстые струны, чтобы нижнее До сохранило свою глубокую окраску звука. Если применены тонкие струны, то гитару настраивают на целый тон выше, чем это показано на схеме 19, I. Как указывает автор статьи [39], первая система настройки в настоящее время используется редко, хотя некоторое время назад ее широко применяли многие гитаристы-профессионалы. Большое распространение получила другая система настройки (см. схему 19, II). Это так называемая мажорная настройка, применяемая в тех случаях, когда мелодию играют с установленным мажорным аккордом. Как интересный вариант 7-ю и 8-ю струны Ре можно перестроить на Фа. В целом данная система близка к нормальной настройке, и здесь не возникает проблемы подбора струн.

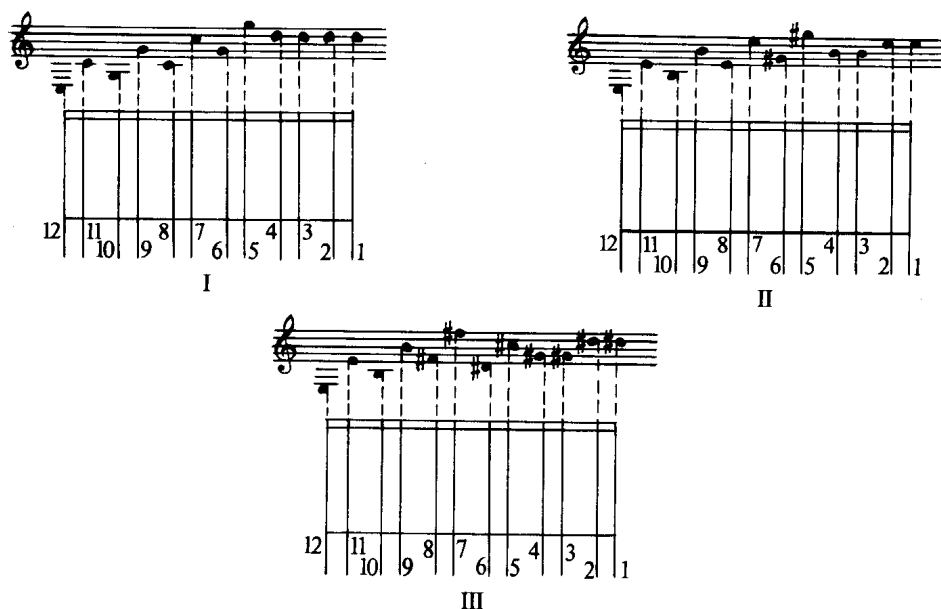


Схема 19. Настройка двенадцатиструнной гитары

Интересна настройка, базирующаяся на квинте (см. схему 19, III). Для достижения ровного звучания на место 5-й и 6-й струн ставят струны Ре, что обычно и делают в двенадцатиструнной гитаре, а на месте 3-й и 4-й струн может быть установлена струна Си. Третья система настройки обеспечивает оригинальное звучание инструмента.

Конечно, при любом изменении системы настройки изменяется техника игры, аппликатура аккордов, и музыкант должен привыкнуть к новой системе. Однако для творчески работающего музыканта новые системы настройки создают возможность повышения выразительности исполнения музыки благодаря необычности и оригинальности звучания инструмента.

Балалайка

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		440 Гц	1	1
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3
	Номер лада	0	5	5



Строй балалайки-примы

Последовательность настройки других видов балалаек аналогична, исключая балалайку-бас и балалайку-контрабас. Нота ля¹ находится на 1-й струне на седьмом ладу в балалайке-секунде и на 1-й струне на двенадцатом ладу в балалайке-альте.

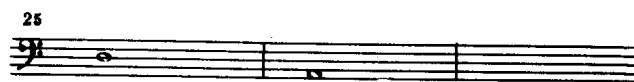


Строй балалайки-секунды

Строй балалайки-альта на октаву ниже строя балалайки-примы.

Балалайка - бас

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		220 Гц (или октава от 440 Гц)	1	2
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3
	Номер лада	7	5	5



Строй балалайки-баса

Строй балалайки-контрабаса на октаву ниже строя балалайки-баса.

Домра

Домра четырехструнная

У всех четырехструнных домр, кроме домры-контрабаса, открытые струны настраивают квинтовыми интервалами; струны контрабаса настраивают по квартам.

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		880 Гц (или октава выше 440 Гц)	1	2	3
Струна настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4
	Номер лада	7	7	7	7



Строй домры-примы четырехструнной

Домру-приму можно начать настраивать и со 2-й струны в унисон по камертону с частотой 440 Гц, после чего подстроить 1-ю открытую струну в унисон со 2-й струной, прижатой на седьмом ладу. В любом случае сохраняется соответствие унисонов, указанных в таблице для домры-примы.

Аналогичны способы настроек и для других видов четырехструнных домр, кроме домры-контрабаса, но первые струны настраиваются по-разному: в домре-пикколо первая открытая струна звучит на октаву выше камертона с частотой 440 Гц, в домре-альте 1-я открытая струна звучит в унисон, в домре-теноре 1-я струна, прижатая на седьмом ладу, звучит в унисон с камертоном, и в домре-басе 1-я открытая струна звучит на октаву ниже камертона.



Строй домры-пикколо четырехструнной



Строй домры-тенора на октаву ниже строя домры-примы. Строй домры-баса на октаву ниже строя домры-альта.

Домра - контрабас

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		100 Гц (или на 2 октавы ниже 440 Гц)	1	2	3
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4
	Номер лада	2	5	5	5



Домра трехструнная

У всех трехструнных домр открытые струны настраивают кварттовыми интервалами.

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		880 Гц (или на октаву выше 440 Гц)	1	2
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3
	Номер лада	7	5	5



Домру-приму можно настраивать и со 2-й струны в унисон по камертону с частотой 440 Гц, после чего 1-ю открытую струну подстраивают в унисон со 2-й струной, прижатой на пятом ладу. Номера ладов и струн сохраняются действительными для других видов трехструнных домр. Различается только настройка первых струн: в домре-пикколо открытая струна звучит октавой выше камертона с частотой 440 Гц, в домре-альте 1-я струна, прижатая на седьмом ладу, звучит в унисон с камертоном, в домре-теноре 1-я открытая струна звучит на октаву ниже камертона, и в домре-басе 1-я струна, прижатая на седьмом ладу, звучит октавой ниже камертона.



Строй домры-альта на октаву ниже строя домры-примы, строй домры-тенора на две октавы ниже строя домры-пикколо, а строй домры-баса на две октавы ниже строя домры-примы.

Мандолина

Интервалы между струнами мандолин — квинты, кроме мандолины-контрабаса, настраиваемой по квартам.

Частота камертона и номер открытой струны, по которым идет настройка в унисон		880 Гц (или на октаву выше 440 Гц)	1	2	3
Струна, настраиваемая в унисон	Номер струны	1	2	3	4
	Номер лада	7	7	7	7

Строй мандолины-примы



Мандолину-приму можно начать настраивать и со 2-й струны в унисон по камертону с частотой 440 Гц, после чего настроить 1-ю струну в унисон со 2-й струной, прижатой на седьмом ладу. Номера ладов и струн, указанные для мандолины-примы, действительны и для мандолин других видов (кроме мандолины-контрабаса). В мандолине-пикколо по камертону с частотой 440 Гц настраивают третью струну, в мандолине-мандоле 1-я струна, прижатая на седьмом ладу, должна звучать в унисон с камертоном, в мандолине-люте 1-я открытая струна звучит на октаву ниже камертона.



Строй мандолины-мандолы на октаву ниже строя мандолины-примы. Мандолина-контрабас имеет строй, аналогичный строю четырехструнной домры-контрабаса.

Особенность мандолины (кроме мандолины-контрабаса) — парные струны, настраиваемые в унисон.

Перейдем к настройке смычковых инструментов, из группы которых возьмем самые распространенные.

Скрипка, альт, виолончель и контрабас

Скрипку, альт и виолончель настраивают по чистым квинтам, контрабас — по чистым квартам. Отсутствие ладов в этих инструментах не позволяет, как в щипковых, настраивать унисонами и октавами — наиболее легкими для настройки интервалами. Настроив одну из струн в унисон или октаву по камертону, музыкант настраивает квинту сначала мелодически, а уточняет настройку с помощью контроля частоты биений.

Вот как происходит процесс настройки струн скрипки. Так как обе руки скрипача при настройке заняты (левая рука держит корпус скрипки, большой палец левой руки зажимает струну, а правая рука вращает соответствующий колок до тех пор, пока струна Ля не будет настроена точно в камертон, то есть пока не исчезнут биения), лучше использовать постоянно звучащий камертон, например язычковый. Чтобы убедиться в правильности настройки, необходимо возбудить струну Ля смычком и на более продолжительном звучании выявить наличие биений. Вторым приемом обычно настраивают

струну Ре. После мелодической настройки квинты переходят к одновременному возбуждению струн Ля и Ре, прислушиваясь к биениям и добиваясь их устранения. Окончательную проверку чистоты настройки квинты *ля*¹ — *ре*¹ делают, проводя смычком по струнам.

Аналогичным путем настраивают квинты *соль* — *ре*¹ и *ля*¹ — *ми*². Затруднения вызывает обычно настройка струны Ми, частота которой резко меняется даже от небольших сдвигов колка. Иногда для этой струны на скрипке имеется специальное настроенное приспособление с винтом, позволяющим очень тонко изменять натяжение струны. Это приспособление укрепляется на подгрифке.

В некоторых случаях струны скрипки, настроенные чистыми квинтами, дают неверные интервалы при обычных позициях пальцев на грифе. Причина здесь чаще всего заключается в самих струнах: они могут быть овальными в сечении, различаться по диаметру на разных концах и т. д. Чаще всего подобные дефекты имеют жилные струны, у которых узлы и пучности в процессе колебания струны смещаются в ту или другую сторону и при обычном положении пальца не дают правильной высоты ноты. Синтетические и металлические струны имеют меньше различных отклонений в распределении массы по длине струны и поэтому позволяют получать правильные интервалы в любых позициях левой руки.

Альт настраивают на квинту ниже скрипки, первая открытая струна соответствует ноте *ля*¹ и настраивается по камертону. Виолончель звучит октавой ниже альта, и, следовательно, ее первую открытую струну настраивают на октаву ниже камертона с частотой 440 Гц. Частоты струн контрабаса находятся в контроктаве и большой октаве, то есть далеко от эталона частоты камертона. Контрабасисты облегчают процесс настройки своего инструмента тем, что пользуются флажолетами, получаемыми при легком прикосновении к струнам на $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{4}$ длины струны от подставки. Указанные точки деления дают октаву, квинту и двойную октаву от тона открытой струны соответственно. Получающиеся при этом делении флажолеты носят название октавного, квинтового и квартового флажолетов, поскольку именно эти интервалы образуются при нажатии струны в соответствующих местах [40]. Звук квартового флажолета третьей струны образует двойную октаву основного тона, то есть ноту *ля* малой октавы, которую и можно настраивать по камертону. Флажолеты контрабаса звучат отлично.





Как сказывается настройка открытых струн смычковых инструментов по чистым интервалам пифагорейского строя на интонации других интервалов? Следует сказать, что открытые струны создают высотный ориентир для остальных интервалов по всему диапазону инструмента, и исполнители придерживаются этого ориентира. Даже если скрипач должен темперировать интервалы в случае сопровождения фортепиано, необходимость учитывать настройку открытых струн оказывает свое влияние на интонирование тонов всего диапазона.

Арфа

Арфа относится к группе струнных щипковых инструментов. Она содержит 45—47 струн, настроенных диатонически в до-бемоль мажоре. Хроматические звуки также извлекаются на арфе, для чего имеется педальный механизм двойного действия, позволяющий повышать или понижать струны на полтона. Все струны До — красного цвета, все струны Фа — синего цвета. Цвет струн помогает арфистке ориентироваться при игре. Диапазон арфы при 47 струнах: *до* контроктавы — *соль* четвертой октавы. Счет октав в арфе не совпадает с принятым для фортепиано. Самая верхняя октава — нулевая (2 струны), затем в нисходящем движении идут первая, вторая, третья, четвертая, пятая, шестая и седьмая октавы. Настраивают арфу чистыми квинтами, но при желании ее можно настроить по роялю. Один из планов настройки арфы может быть таким [41]: тон *ля* третьей октавы, соответствующий *ля*¹ на фортепианной клавиатуре, настраивается по камертону с частотой 440 Гц при положении педали Ля на первой «зарубке». Остальные тоны настраивают последовательностью интервалов: октава вниз — *ля*, квинта вверх — *ми*, еще квинта вверх — *си*, октава вниз — *си*; последний тон *си* перестраивается с помощью педали на *си-бемоль*, от которого берется квинта вверх — *фа*, еще квинта вверх — *до*, октава вниз — *до*, квинта вверх — *соль*, еще квинта вверх — *ре*, октава вниз — *ре*. Последним интервалом настраивается тон *ре*, который надо проверить по ранее настроенному тону *ля*. Все квинты и октавы настраивают чисто, и если в процессе настройки не было ошибок,

последний интервал также должен получиться чистым, без биений. Это схематично выглядит так:



От настроенной области интервалами в октаву и квинту настраивают струны нижнего и верхнего регистров. Контроль настройки арфы осуществляется в принципе так же, как и контроль настройки фортепиано: последовательностями одноименных интервалов — октав, квинт, больших терций, двойных октав, децим.

4. Точность строя и настройка духовых инструментов

Рассмотрим основные факторы, влияющие на музыкально-акустические свойства духового инструмента. Под такими свойствами для духовых инструментов следует прежде всего понимать точность строя, качество звука (тембр) и легкость звукоизвлечения. Весо-мость или значимость данных свойств у разных инструментов различна, но для духовых инструментов главный интерес представляет именно точность строя. Безукоризненная настройка — вот что требуется от высококачественного духового инструмента. Если для других видов музыкальных инструментов легко осуществить настройку каждого отдельного тона независимо от других тонов, то в настройке духовых инструментов, точность строя которых заложена конструкцией (а именно характером изменения диаметра поперечного сечения по длине трубки), последующая корректировка возможна только в ограниченной степени, а независимая настройка отдельного тона, не затрагивающая другие тона, вообще невозможна. Эта взаимозависимость настройки отдельных тонов и трудность ее корректировки проясняют то значение, которое настройка, точность строя духового инструмента имеют для музыканта. Точность строя или точность настройки для разных групп музыкальных инструментов определяются по-разному. Показатели точности строя выбираются в зависимости от вида строя, в котором настраивается инструмент (чистый или равномерно-темперированный), мелодического или гармонического склада звучания (одноголосный или многоголосный), характера и степени негармоничности обертонов (степени растянутости настройки). Не вдаваясь в детальные доказательства, будем считать точностью строя духовых инструментов степень соответствия частот основных тонов частотам равномерно-темперированного

строя. (Заметим, что в таком определении точности строя оно непригодно для инструментов с многоголосным звучанием и растянутой настройкой, как, например, у фортепиано).

При измерении частоты тонов, извлекаемых музыкантом на духовом инструменте, возникает специфическая трудность: частота тона зависит не только от инструмента, но также и от исполнителя, от техники последнего. Опытный музыкант в соответствии со своей многолетней практикой привыкает корректировать отдельные тона по высоте, если они звучат неправильно. Музыкант стремится играть правильно на любом инструменте, даже с плохим по точности звуко-рядом.

Но, кроме того, привыкнув к своему инструменту, в котором он компенсирует исполнительской техникой погрешности строя, на «чужом» инструменте исполнитель рефлекторно, по привычке, делает такую же корректировку, не давая себе отчета в том, что при такой корректировке он может дать неверную настройку инструмента. В идеальном случае музыкант должен без коорректировки выдавать такие звуки, частоты которых зависят только от инструмента. Это требование, однако, невыполнимо даже для квалифицированного музыканта, и повторяемость результатов измерений при подобном методе определения точности строя низка.

Так, отклонение частоты отдельных тонов при игре одного музыканта на одном и том же инструменте в разные дни колеблется между 5 и 35 центами. Если же на одном и том же инструменте играют разные исполнители, то разброс тонов по частоте достигает еще больших величин: от 25 до 60 центов. Можно усреднить результаты измерений, полученных с различными музыкантами, и тогда усредненная кривая настройки по закону больших чисел может считаться оптимальным представлением строя проверяемого инструмента.

Кривая настройки, полученная подобным образом, имеет хорошую воспроизводимость, то есть она повторяется при измерении с другой достаточно большой группой музыкантов. Усредненная кривая настройки позволяет объективно выявлять недостатки строя духового инструмента.

Эти недостатки проявляются в виде значительных отклонений частоты тонов натуральных звукорядов инструмента. Например, у оркестровой трубы может быть завышение 6, 8, 9-го натуральных тонов и занижение 3-го, у валторны иногда чрезмерно занижены 5-й и 10-й тона. Музыканты отмечают также неправильность ширины самого нижнего извлекаемого интервала. Так, у тубы нижний интервал несколько уже, а у трубы, например, несколько шире номинальных значений. В качестве примера приведем взятые из работы [42] результаты измерений частоты шести натуральных звуков тромбона: 41; 115; 175; 236; 299; 361 Гц. Если выразить соотношения частот соседних тонов, то нетрудно убедиться, что эти соотношения не являются точно кратными отношениями интервалов чистого строя: 1:2,8; 2:3,04; 3:4,05; 4:5,06. Особенно сильно нарушено отношение в нижнем интервале между первым и вторым натураль-

ными звуками, которые значительно шире октавы (1:2). Остальные интервалы хотя и не имеют таких больших отклонений, но все же они отличаются в той или иной степени от гармонических соотношений. Во всех духовых инструментах наблюдаются большие или меньшие отклонения интервальных соотношений от гармонических кратных соотношений.

В чем причины нарушений гармонических натуральных звуков и вообще отклонений гармонического звукоряда от шкалы равномерно-темперированных частот?

Существует группа факторов конструктивного порядка, от которых зависит частота натуральных звуков: акустический тип трубки, длина и диаметр основного канала, т. е. мензура, длина и диаметр дополнительных трубок в медных инструментах и диаметр и положение отверстий в деревянных инструментах, физико-механические характеристики мундштука и трости. Правильность или неправильность выбора конструктивных параметров в конечном счете сказывается на степени акустической согласованности разных частей музыкального инструмента между собой. Очевидно, что существуют еще, по крайней мере, две группы самостоятельных факторов, которые влияют на частоту тонов. Это вторая группа факторов, связанная с качеством изготовления инструментов, включающая, например, гладкость (или неровность) внутренних стенок канала трубок, плавность перехода сечений от одной части трубки к другой, качество обработки боковых отверстий, герметичность голосовой машинки и т. п. Третья группа связана с факторами, отражающими влияние самого музыканта (характеристики его амбушюра, носоглотки, легких и т. д.), температуры инструмента и проч.

Рассмотрим влияние отдельных факторов на точность строя духового инструмента. Факторы, зависящие от конструкции, естественно, будут различными для деревянных и медных инструментов.

В группе деревянных инструментов первостепенное значение имеет размер и положение боковых отверстий. Иногда полагают, что открывание отверстия равносильно укорачиванию трубки по месту отверстия. Однако открывание отверстия эквивалентно в акустическом отношении укорачиванию трубки только в том случае, если диаметр отверстия равен диаметру самого канала трубки, чего, как известно, не бывает в действительности. В этом случае, когда отверстие столь велико, что конец трубки может отвалиться, частота излучаемого тона такая же, как и у трубки, длина которой равна расстоянию от мундштука до этого отверстия. С другой стороны, если отверстие в трубке очень мало, например, диаметром в десятую долю миллиметра, то ясно, что такое отверстие практически не скажется на частоте основного натурального тона инструмента. Из рассмотрения этих крайних случаев большого и маленького отверстий следует логический вывод: с уменьшением максимально возможного диаметра отверстия эффективная длина трубки увеличивается и, значит, основной тон понижается [43]:

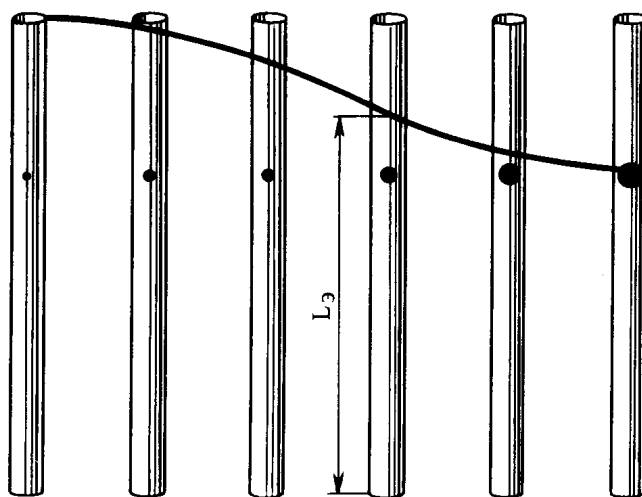


Схема 20. Связь диаметра бокового отверстия и эффективной длины $L_э$ трубки

Отсюда ясно происхождение практического правила корректировки высоты тона, зависящего от данного отверстия: в определенных границах уменьшение диаметра отверстия понижает высоту тона, а увеличение диаметра — соответственно повышает тон. Практическим путем замечено также, что степень влияния отверстия на частоту звука зависит от положения отверстия по длине трубки: маленькое отверстие, расположенное вблизи мундштука, может дать ту же ноту, что и большое отверстие, находящееся ближе к выходному концу трубки. Таким образом, корректировка строя деревянного инструмента при наличии нескольких неправильно настроенных тонов возможна путем изменения или положения, или диаметра бокового отверстия.

Роль боковых отверстий заключается не только в том, чтобы получить правильный хроматический звукоряд. Размер и положение боковых отверстий, как и форма канала трубки, решающим образом влияют на акустические свойства музыкального инструмента. Если отверстия открыты, то они наряду с раструбом участвуют в излучении звука, воздействующего на слушателя. Закрытые же отверстия превращают гладкие внутренние стенки трубки в бугорчатый звукопровод, в канал с серией чередующихся впадин и возвышенностей, что не может не сказаться на колебательном процессе в трубке. В литературе [43] описан эксперимент по выявлению влияния отверстий на тембр звука, издаваемого пластмассовой трубкой. Пластмассовая трубка, снабженная кларнетным мундштуком, издавала тупой звук, схожий со звуком водопроводной трубы, который слушатели не могли классифицировать как музыкальный. Но стоило ту же самую трубку снабдить рядом боковых отверстий, часть из ко-

торых была закрыта, а часть открыта (как при игре на обычном духовом инструменте), и тембр звука становился поразительно схожим со звуком кларнета.

В течение многих столетий музыкальные мастера эмпирическим путем устанавливали правильное размещение отверстий в деревянных инструментах. В последние несколько десятилетий появились и теоретические работы, которые содержат практические рекомендации к конструированию духовых инструментов. Так, например, автор работы [43] дает такую рекомендацию: отношение объема воздуха, содержащегося в прикрытом отверстии, к объему воздуха, содержащегося в отрезке трубки между соседними отверстиями, должно быть одним и тем же на всем протяжении канала трубки. По мнению автора, выполнение данной рекомендации способствует достижению высоких тембровых свойств и точности строя деревянных инструментов.

Наконец, необходимо сказать и еще об одной роли отверстий в связи с процессом передувания*. Граничные акустические условия на концах трубки должны оставаться одними и теми же как на основном тоне, так и на передуваемых тонах. Для облегчения передувания необходимо обеспечить минимальное давление воздуха в том месте по длине трубки, где стоячая волна имеет узел. С этой целью на начальном участке трубки делают маленькое отверстие (обычно с нижней стороны трубки) — октавный или дуодецимный клапан. Такое маленькое отверстие почти не изменяет эффективную длину трубки, но способствует получению устойчивых тонов передувания.

В медных духовых инструментах одним из факторов, влияющих на точность строя, является правильный выбор длины дополнительных трубок голосовой машинки. Умелым изменением длин трубок каждого из вентиляй можно добиться сведения к минимуму отклонений по всему диапазону духового инструмента. Конкретные рекомендации по степени понижения тонов отдельных вентиляй у разных авторов различны. На основе эмпирического метода проб и ошибок Дж. Редфилд [44] еще в 30-х годах нашего столетия рекомендовал вентиляльные трубки делать по длине такими, чтобы они давали понижение:

2-й вентиль	на	212	центов
1-й —"—	"	116	центов
3-й —"—	"	321	цент

П. Н. Зимин [45] на основе своих опытных исследований считал правильным несколько другие понижения вентиляй:

2-й вентиль	на	205	центов
1-й —"—	"	105	центов
3-й —"—	"	320	центов.

* Передувание — способ извлечения различных по высоте звуков в духовых инструментах путем изменения скорости вдвухаемой исполнителем струи воздуха.

Как видим, эти рекомендации достаточно близки, особенно для третьего вентиля. Р. В. Янг [44] теоретическим путем рассчитал необходимое понижение вентиля, исходя из требования минимизации ошибок настройки по полному диапазону. Для корнетов и труб при нормальной комнатной температуре хорошая настройка может быть получена при завышении основного тона трубки на 1 цент и понижении:

2-й вентиль	на	200	центов
1-й —"—	"	106	центов
3-й —"—	"	318	центов.

Сравнивая рекомендации П. Н. Зимина и Р. В. Янга, нетрудно убедиться в их близости. Такая настройка вентиля, как утверждает Р. В. Янг, дает для вторых натуральных тонов, получаемых комбинацией трех вентиля, завышение в среднем не более 20 центов. Для баритона и баса, температура которых при игре повышается в незначительной степени, хорошая компенсация получается при настройке основной трубки выше на 1 цент и следующем понижении:

2-й вентиль	на	200	центов
1-й —"—	"	107	центов
3-й —"—	"	325	центов.

Давно замечено, что местные, то есть относящиеся к определенному месту, нерегулярности изменения диаметра канала трубки воздействуют на высоту звуков духовых инструментов. Речь идет о местных сужениях и расширениях диаметра. Очевидно, что увеличение поперечного сечения по своему воздействию на частоту противоположно уменьшению его в том же самом месте. В случае цилиндрической трубки деревянного инструмента расширение канала около пучности стоячей волны какого-либо натурального тона повышает частоту и, наоборот, понижает частоту тона, если расширение расположено в области узла стоячей волны. Аналогичное наблюдение приводит в своей работе В. Крюгер применительно к медным инструментам [46]: увеличение диаметра сечения трубки на месте узла (пучности давления) вызывает понижение соответствующего тона, а увеличение диаметра на месте пучности (узла давления) повышает тон. Подобные же закономерности влияния местных изменений диаметра трубки на частоту, отличающиеся некоторыми деталями, приводит П. Н. Зимин: а) если наблюдается местное сужение канала, то звуки, пучности колебаний которых находятся в начале области сужения, понижаются, а звуки, пучности колебаний которых находятся в конце области сужения, повышаются против нормы; б) если, наоборот, имеется местное расширение мензуры, то звуки, пучности колебаний которых попадают в начало расширения, повышаются, а звуки, пучности колебаний которых попадают в конце расширенного участка, понижаются против нормы [45, 156].

Непостоянство диаметра канала трубки влияет, таким образом, на частоту отдельных тонов инструмента. Но поскольку узлы и пучности различных натуральных тонов расположены в разных местах,

то в конечном счете изменение диаметра канала в одном месте по-разному влияет на частоту натуральных звуков и является одной из причин негармоничности тонов передувания. Если нерегулярность диаметра канала находится вблизи пучности, когда звучит, например, основной тон, то при передувании на вторую гармонику, когда воздушный столб делится пополам, нерегулярность диаметра попадет уже на узел второго тона. Из-за различного воздействия нерегулярности диаметра на частоту основного тона (влияние на пучность) и частоту первого тона передувания (влияние на узел) создается негармоничность второй гармоники по отношению к основному тону. Учитывая вышеприведенную связь изменения диаметра канала и частоты натурального звука, можно целенаправленно осуществлять желаемую корректировку настройки духового инструмента. Эта возможность настройки духового инструмента не ускользнула от внимания мастеров и исследователей, которые делают многочисленные попытки регулировки относительной настройки тонов натурального звукоряда путем сужения, расширения или придания формы конуса внутреннему каналу в соответствующих местах трубки [46, 47]. Мастера-флейтисты в особенности используют способ расширения канала инструмента в определенных местах. Так как указанные способы по-разному влияют на частоту звуков, то это неизбежно должно отразиться на конструктивных параметрах духовых инструментов: для группы деревянных инструментов это может выразиться в различии положения отверстий и их диаметров, что приведет, в свою очередь, к различной аппликатуре (расположению пальцев) на некоторых конструкциях деревянных инструментов; для группы медных инструментов это скажется прежде всего на различной конструктивной длине дополнительных трубок вентиляей.

Из сказанного следует, что форма канала хорошо настроенного духового инструмента далека от простой геометрической формы (цилиндрической или конической), которую имеют в виду при упрощенном теоретическом анализе.

До сих пор мы рассматривали плавное, не скачкообразное изменение диаметра канала трубок. Однако обследование некоторых старинных деревянных духовых инструментов XVIII — начала XX столетия показало, что среди них не так уж редко встречаются инструменты со ступенчатым скачкообразным изменением диаметра, особенно в местах соединений отдельных секций. С физической точки зрения, ступенчатое изменение диаметра эквивалентно увеличению эффективной длины трубки. Таким образом, для получения звуков той же высоты требуется укорачивание трубки: «Без большой ошибки можно сказать, что общий эффект «ступени» в некоторых старинных деревянных инструментах эквивалентен габаритному укорачиванию трубки, не говоря уже о селективности фильтрации отдельных гармоник, которое также может иметь место» [47, 410]. В последнем замечании речь идет фактически об изменении тембра звука инструмента. О подобном же эффекте у медных инструментов говорит П. Н. Зимин: «...порог у мундштука в носке инструмента, т. е. внезапное резкое расширение диаметра канала при переходе

из мундштука в носок, также нарушает правильность звукоряда инструмента. Опыт натурального инструмента — трубки, имевшей нарочно сделанное такое искажение мензуры в ее носке, показал, что ее вторая гармоника приблизительно на полтона понизилась, в то время как остальные, более высокие гармоники, остались на нормальной высоте» [45, 617].

Сложным образом изменяет частоту натуральных звуков расширение раструба медных инструментов. Имеющиеся в технической литературе данные в некоторой степени противоречивы. По Крюгеру, «расширение поперечного сечения непосредственно за плоскостью раструба понижает высокие гармоники больше, чем низкие. Дело в том, что эти места для высоких тонов находятся в области пучности давления, в то время как для низких тонов эти места практически находятся в области узлов давления» [46, 461]. П. Н. Зимин приходил к несколько иному выводу: «...не в меру расширяющийся воронкой раструб инструмента влияет резко повышающим образом на звуки второй, а иногда и третьей гармоники, при понижении общей высоты звуков инструмента, связанном с увеличением поправки на открытый конец трубки» [45, 156].

Несовпадение выводов вполне может быть объяснено различием конструкций конкретно обследованных авторами инструментов. В конструкции современных духовых инструментов преобладает тенденция исключения резких перепадов сечения по длине трубок, начиная с мундштука и кончая раструбом в обеих группах духовых инструментов. Это также объясняется требованиями технологичности изготовления инструментов в машинном производстве. Что же касается равномерного изменения диаметра по всей длине трубки, то в пределах $\pm 0,5 - 1\%$ это изменение не влияет заметно на акустические свойства духового инструмента. Если же в указанных пределах изменение диаметра по длине трубки будет неравномерно, то это в ту или иную сторону сдвинет частоты гармоник.

Частота излучаемого звука зависит от резонансных свойств системы «воздушный столб — генератор звука», поэтому определенное влияние на высоту строя оказывают элементы, входящие в состав генератора колебаний (возбудителя колебаний). В деревянных духовых инструментах это трость. Толстая, жесткая трость повышает строй, причем для низких тонов несколько больше, чем для высоких. Тонкая трость позволяет музыканту в большей мере, по сравнению с толстой, регулировать высоту звуков [48].

В медных инструментах на высоту излучаемого тона влияет амбушюр музыканта и индивидуально подобранный по своим размерам мундштук. Губы исполнителя могут приспособиться к разным мундштукам, но все же опытный музыкант выбирает мундштук по своему амбушюру. Удачным подбором можно повысить точность строя инструмента. Вообще говоря, настройка, высота отдельных тонов, получаемых при игре на «своем» и «чужом» мундштуке, несколько различны, но это различие статистически не значимо, в среднем не существенно. Опытный музыкант и с «чужим» мундштуком старается играть правильно, добиваясь нужной интонации звуков.

Конечно, неправильный подбор мундштука повышает утомляемость исполнителя.

На частоту тона при прочих равных условиях влияет диаметр чашки мундштука. Для одной и той же степени напряжения амбушюра мундштук с большим диаметром даст более низкий звук. В этом случае понижение тона вызывается большей массой и площадью губ, участвующих в вибрации. И наоборот: при меньшем диаметре чашки мундштука — меньше масса и площадь губ, что при одинаковом напряжении губ дает более высокий звук.

Рассмотрим теперь более подробно исполнительский аппарат музыканта, который участвует в процессе игры на инструменте. В этом случае генератор звуковых колебаний (амбушюр и мундштук, трость) механически и акустически подключен, с одной стороны, к воздушному объему, заключенному в горле и грудной клетке музыканта, а с другой стороны — к воздушному резонатору в трубке инструмента. Воздух в этих плоскостях и объемах также приводится в колебательное движение, как и воздух в трубке инструмента. Таким образом, с акустической точки зрения, исполнитель-музыкант со своим инструментом образует связанную систему из трех элементов. Отсюда следует, что частоты тонов, извлекаемых на инструменте, с физической стороны являются собственными частотами системы трех элементов:

- 1) воздушного резонатора грудной клетки, полостей горла и головы;
- 2) губ с мундштуком или тростью, как генератора звуковых колебаний;
- 3) резонирующего столба воздуха в трубке инструмента.

Каждый из этих связанных элементов управляется музыкантом в той или иной мере, что сказывается на частоте колебаний всей системы: музыкант может менять размеры резонирующего столба воздуха в инструменте с помощью пальцев, закрывая и открывая отверстия или подключая дополнительные трубки, может управлять генератором звука, изменяя напряжение губ и скорость потока воздуха, и, наконец, может изменять форму и объем воздушных полостей горла и грудной клетки с помощью мускулатуры.

По мнению некоторых исследователей, главную роль в системе «музыкант-инструмент» играет музыкант. Действительно, высота и качество тона, возникающего при игре на инструменте, зависят как от анатомических, физиологических особенностей играющего — объемов грудной клетки, легких, размеров горла, носоглоточной полости, строения и массы губного аппарата, лицевой мускулатуры, так и от навыков игровых приемов: способа складывания губ на мундштуке, характера атаки звука, силы вдувания воздуха и прочего. Эти «человеческие факторы» имеют большое значение для художественности исполнения, но ни в коем случае не сводятся к простому процессу «дутья» и являются причиной того, что многие музыканты требуют «персональной» подгонки («для себя») своего инструмента. Персональная подгонка духового инструмента необходима, поскольку особенности музыканта, его амбушюр сугубо индивидуальны и фактически не поддаются точному учету. Однако воз-

возможность исполнителя влиять и контролировать высоту и тембровые свойства тонов является скорее достоинством, нежели недостатком. Например, усиливая вдвухание, можно несколько повышать фальшиво-низкие звуки инструмента. Подчеркивая роль музыканта в исполнении музыки, нельзя принижать роль второго элемента системы — музыкального инструмента. В противном случае не было бы проблемы хороших и плохих музыкальных инструментов.

На частоту тонов духового инструмента влияет также температура воздуха в трубке. Дело в том, что частота колебаний прямо зависит от скорости распространения звуковой волны. А так как скорость звука в воздухе зависит от температуры, то и резонансная частота воздушного столба изменяется при изменении температуры. Для скорости звука в воздухе в зависимости от температуры существует определенная формула (t° дана в градусах Цельсия):

$$C = 331,7 (1 + 0,0018t^\circ) \text{ м/с.}$$

Отсюда следует, что температура воздуха, находящегося в инструменте, оказывает большое влияние на фактическую частоту тонов. Если бы температура воздуха внутри инструмента изменялась одинаково во всех его частях, то под влиянием изменения температуры инструмент расстраивался бы равномерно во всем диапазоне. Однако необходимо принять во внимание, что инструмент в процессе игры находится в руках исполнителя, а каждый музыкант может иметь свой, отличный от других способ держания инструмента и свою индивидуальную температуру рук. Отсюда следует, что невозможно точно рассчитать температурный режим внутри инструмента, в котором могут быть по-разному распределены нагретые участки, которые, соответственно, по-разному и неопределенным образом влияют на высоту отдельных тонов.

Ориентировочные теоретические расчеты дают повышение тонов на 3 цента с каждым увеличением температуры на 1°C . Однако при экспериментальном определении влияния изменения температуры воздуха на частоту тонов исследователи дают меньшие значения поправки. Так, по данным [47], при повышении температуры окружающей среды на 1°C частота тона различных инструментов медной группы увеличивается на 0,8 — 1,6 цента. Например, для трубы это повышение составляет 1,2 цента, тромбона — 1,3 цента. Среднее изменение строя в зависимости от температуры окружающего воздуха для инструментов деревянной группы (флейты, гобоя, кларнета, фагота, саксофона) лежит в пределах 0,8 — 1,9 цента на 1°C . Как видим, реакция на изменение температуры воздуха повышением строя практически одинакова в обеих группах инструментов.

По сравнению с инструментами старых систем, современные духовые инструменты более совершенны по конструкции, они дают возможность музыканту лучше интонировать звучание, правильно устанавливать высоту исполняемых тонов. Однако фальшивое звучание инструментов массового производства не такая уж редкость и сейчас: практически каждый духовой инструмент имеет отдельные нестройные звуки, то есть исполнитель должен применять специаль-

ные приемы для правильного интонирования отдельных натуральных звуков, и это не всегда удается.

Укажем вначале общие причины погрешности строя духовых инструментов:

- несовершенство конструкции, объясняемое невозможностью создания идеального, с акустической точки зрения, инструмента, сюда же отнесем и ошибки самого проектирования;
- качество изготовления и подготовки инструмента к игре — правильность настройки и регулировки;
- несовершенство техники интонирования музыканта (т. е. квалификация музыканта);
- влияние температурного режима.

1. Несовершенство конструкции с акустической точки зрения. Здесь отметим несколько факторов. Каждый духовой инструмент позволяет получить несколько (от 2 до 12 и более) натуральных звукорядов. Частота одноименных тонов в разных звукорядах теоретически не может совпадать точно. Это приводит к расхождению соотношений частот между звуками одних и тех же порядковых номеров, находящихся в разных натуральных звукорядах. Все это вызывает различные отклонения частот натуральных тонов от частот равномерно-темперированного строя. Тона передувания в идеальном инструменте следуют интервалам чистого строя, в то время как размеры трубок инструмента выбирают из расчета получения тонов равномерно-темперированного строя.

Отклонения высоты звуков вызывают также особенности конструкции инструментов: в большинстве случаев духовой инструмент имеет участки с разной формой канала — цилиндрической и конической, акустическое поведение которых, собственные их частоты различны. Кроме того, длина цилиндрической части изменяется в процессе игры (включение дополнительных трубок, выдвижение кулисы). С увеличением цилиндрической части происходит прогрессивное расширение частот с ростом номера натурального звука. В группе медных инструментов источником ошибок настройки является также компромиссный выбор длины дополнительных трубок, особенно применение трубки третьего вентиля, в котором уже конструкционно заложена погрешность интонирования. Таким образом, сама конструкция деревянных и медных инструментов теоретически не может избежать акустической неточности строя из-за нарушений звуковысотных соотношений тонов натуральных звукорядов.

2. Качество изготовления и подготовки духового инструмента к игре. Точность строя духовых инструментов существенно зависит от точности соблюдения конструктивных параметров. Погрешности строя вызываются несоблюдением правильной длины трубок (в том числе и дополнительных), диаметра и формы внутреннего канала, диаметров и положений боковых отверстий. К нарушениям строя приводят и резкие переходы диаметра сечений от одной части инструмента к другой, в том числе несоответствие внутреннего диаметра мундштука, канала бочонка диаметру основной трубки инструмента.

Для точности строя имеет значение соблюдение внутренних и внешних размеров и конфигурации мундштука (например, положение выступов внутри мундштука кларнета), диаметра штифта трости (у гобоя), размеров, формы и физико-механических параметров самой трости. Погрешности строя появляются и из-за неправильных размеров и положения (подгонки) бочонка, головки, трости, мундштука, эса, подмундштучной трубки. Различия в точности изготовления являются причиной разных кривых настройки инструментов даже одной и той же модели.

Специфическая причина погрешности строя духовых инструментов возникает при регулировке общей высоты строя, взаимного расположения их регистров по высоте. Выдвижение крона общего строя дает разную величину понижения звуков разных регистров: большее понижение высоты для звуков с коротким столбом воздуха (меньшей длиной волны) и меньшее понижение для звуков с длинным столбом воздуха (большей длиной волны). У флейты может быть неправильным соотношение высоты разных регистров из-за неверного положения выдвижной пробки в головке. Погрешность интонации вызывает неточная сборка и регулировка игрового механизма: повышенные зазоры из-за неплотности соединения движущихся частей голосовой машинки и вследствие этого утечка воздуха (медные инструменты), неправильная высота подъема клапанов, несоответствие подушечек чашечкам клапанов и гнездам звуковых отверстий в деревянных инструментах. Наконец, увеличивают погрешности строя: наплывы пайки, грязь, слизь внутреннего канала, повреждения (вмятины) корпуса инструмента.

3. Несовершенство техники интонирования. К общим причинам появления погрешностей строя следует отнести неточность интонирования звуков самим музыкантом. На это влияют квалификация исполнителя, степень развитости слуха, техника работы дыхательного аппарата, амбушюра, приемы игры, аппликатура, умение правильно настроить инструмент и разогреть его и т. д. Влияет на строй правильность выбора мундштука, трости для данного исполнителя и данного инструмента. Отклонения в настройке проявляются и с изменением динамики звучания: увеличение уровня интенсивности звука изменяет высоту звуков.

Существует еще один источник отклонения интонирования, который в общем нельзя отнести к погрешностям звукоизвлечения, — это задачи художественного исполнения музыкального произведения, индивидуальность его интерпретации музыкантом, учет ладовых взаимосвязей. Эти последние факторы могут привести к тому, что один и тот же звук или интервал в разном музыкальном контексте формально будет иметь разную высоту или разную ширину, но здесь неправомерно говорить о погрешности интонации.

4. Влияние температурного режима. О характере влияния температуры и подготовки к игре самого музыканта хорошо сказал профессор Московской консерватории, доктор искусствоведения Б. Диков: «При тщательной настройке... необходимо учитывать и такие важные факторы, влияющие на строй духовых инструментов,

как температурные условия, состояние исполнительского аппарата играющего, качественное состояние музыкальных инструментов и др. Известно, например, что духовые инструменты, в силу различия их формы, объема и конструкции, по-разному реагируют на изменения температурных условий. Более массивные духовые инструменты (туба, баритон, тромбон, фагот, бас-кларнет) дольше согреваются и значительно медленнее остывают, чем инструменты меньших размеров. Отсюда ясно, что трубачу и тубисту или флейтисту и фаготисту перед настройкой оркестра необходимо затратить разное количество времени для „разогревания“ или „опробования“ своего инструмента. Предварительное разыгрывание на инструменте является обязательным перед коллективной настройкой, потому что губной аппарат (амбушюр) исполнителя также требует соответствующей „настройки“. Не „разогрев“ мышцы губ, не „проветилировав“ свой дыхательный аппарат, музыкант-духовик не сможет извлечь качественный звук, пригодный стать эталоном при настройке оркестра» [48,15].

Рассмотренные причины, вызывающие погрешности строя духовых инструментов, серьезны и многочисленны, так что не будет преувеличением сказать, что все без исключения духовые инструменты в той или иной степени не строят. Можно утверждать даже, что абсолютно точную и стабильную высоту звуков или интервалов на духовом инструменте получить вообще невозможно. И все же музыкант-духовик имеет в своем распоряжении богатый арсенал приемов, которые позволяют ему добиваться той точности интонирования, которая удовлетворяет требованиям музыкального слуха.

Настройка медных духовых инструментов

Музыкант-духовик стремится так настроить свой инструмент, чтобы в определенном смысле настройка была оптимальной, например, стараясь свести к минимуму отклонения высоты тех звуков, которые наиболее часто используются при игре. Добиваться высокой точности строя можно двумя путями: 1) настройкой и регулировкой самого инструмента и 2) с помощью игровых исполнительских приемов.

Прежде всего необходимо сказать о норме общей высоты строя. Несмотря на то что существует стандартный эталон высоты тона $ля^1$, равный 440 Гц, инструменты духового оркестра имеют тенденцию к завышению строя. Музыканты духовых оркестров завышают строй до частоты $ля^1$ — 443—445 Гц. Объяснения этого имеются разные: более высокий строй духовых инструментов дает возможность регулировать настройку как в сторону повышения, так и в сторону понижения строя, когда необходимо компенсировать влияние низкой или, наоборот, высокой температуры окружающей среды. Более высокий строй в процессе игры обеспечивает более чистую интонацию, инструменты с несколько повышенным строем звучат более ярко и выразительно. Может быть, эти доводы и не являются достаточно убедительными, но факт повышенного строя современных оркестров

как у нас в стране, так и за рубежом остается фактом. Настройщикам фортепиано также приходится учитывать завышенную настройку, когда, например, рояль должен звучать вместе с оркестром.

Основным приемом изменения общей высоты строя служит укорачивание или удлинение трубки духового инструмента двумя способами: регулировкой кроны общего строя и изменением глубины посадки мундштука. Первый способ позволяет изменять общий строй в более широких пределах, по сравнению со вторым способом. Если данных способов недостаточно, то инструмент требует серьезной переделки в производственных условиях. При этом корректируются длины различных участков духового инструмента: трубки либо укорачивают, либо удлиняют. Исправление настройки сводится к установлению правильных размеров трубок.

Ход расчетов длин основной и дополнительных трубок медных духовых инструментов в принципе достаточно прост [49]:

- 1) Задается частота основного тона инструмента (например, частота тона *Ля*: $f = 110,12$ Гц);
- 2) Рассчитывается длина волны соответствующего тона $\lambda = c/f = 340/110,12 = 3,0875$ м;
- 3) Определяется длина полуволны $3,0875 : 2 = 1,5438$ м;
- 4) Определяется поправка на открытый конец трубки (например, если поправка составляет 6,5 %, то она будет равна 0,1003 м);
- 5) Определяется итоговая длина трубки $L = 1,5438 - 0,1003 = 1,4435$ м.

В эту расчетную длину трубки входит также и длина выступающей части мундштука. Выполняя подобные расчеты для разных комбинаций основной трубки и сочетаний дополнительных трубок (кронов), находим длины последних. Обратным пересчетом по найденным размерам трубок проверим теоретически частоту натуральных звуков, допуская отклонение от частот равномерно-темперированного строя не более 3—6 Гц. При этом худшие допускаемые отклонения должны связываться с включением дополнительной трубки третьего вентиля, который относительно реже употребляется в игре. Полезно учесть также, что для понижения звуков на равномерно-темперированный полутон необходимо удлинение трубки инструмента примерно на $1/15$ — $1/18$ часть ее длины.

Регулировка высоты строя медных духовых инструментов кроном общего строя дает неравномерное изменение высоты отдельных тонов по диапазону. Так, при выдвижении кроны общего строя на 10—12 мм отклонения тонов по диапазону изменяются в пределах ± 10 центов. При выдвижении кроны общего строя больше чем на 20 мм происходит более серьезное рассогласование звуков разных регистров инструмента, о чем уже говорилось выше. Для сохранения правильных интервальных соотношений высоких и низких звуков при выдвижении кроны общего строя необходимо выдвигать на определенную величину и кроны дополнительных трубок, что необходимо для сохранения пропорциональных соотношений длин основного и дополнительных каналов. Правильного соотношения регистров инструмента по высоте в определенной степени можно добиться выбором мундштука по внутренним его размерам. Так, применение мундштука с незна-

чительно увеличенным диаметром устья заметно повышает интонацию натуральных звуков верхнего регистра; применение мундштука с большим объемом чашечки дает понижение тонов среднего и верхнего регистров при относительно меньшем понижении тонов нижнего регистра [50].

В процессе корректировки общей высоты строя и взаимного согласования регистров музыкант проверяет высоту не только основного тона, но и тонов передувания. Если руководствоваться принципом минимума отклонений частоты натуральных звуков, то необходимо, чтобы возможно большая часть натуральных звуков совпадала со шкалой равномерно-темперированных частот, часть была ниже, а часть — выше ее (поскольку нулевых отклонений достичь все равно не удастся). Практически в большинстве инструментов медной группы (труба, валторна, туба и т. д.) завышенные 3-й и 6-й натуральные звуки понижают кроном общего строя, стараясь, чтобы 4-й звук соответствовал темперированной шкале частот, а заниженный 5-й натуральный звук повышают игровыми приемами (см. далее).

В инструментах с большим числом натуральных звуков (например, валторна) проверяется правильность высоты еще и других тонов: 7-го, 10-го и 12-го. При настройке тромбона проверяется правильность, точность интонации 3-го, 4-го и 5-го натуральных звуков в первой позиции. Если эти звуки выстроены с минимальными отклонениями, то натуральные звуки других позиций будут иметь правильную интонацию.

Настройка деревянных духовых инструментов

В группе деревянных инструментов, как и в группе медных, необходимо правильно установить общую высоту строя, согласовать разные регистры между собой и подстроить отдельные тона, имеющие по каким-либо причинам большие отклонения по частоте.

Высоту общего строя деревянных инструментов устанавливают соответствующей посадкой составных частей: изменением положения, например, трости (гобоя, фагота), эса (гобоя), бочонка (кларнета), мундштука или подмундштучной трубки (саксофона).

Рассмотрим регулировку общего строя по отдельным инструментам.

Общий строй у флейты понижается раздвижением головки инструмента и повышается более глубокой посадкой головки. Общий строй кларнета устанавливают изменением положения бочонка: выдвижение понижает строй, а опускание (задвигка) бочонка повышает строй. Если бочонок задвинут, а строй все же занижен, то ставят более короткий бочонок или укорачивают имеющийся.

На общую высоту строя влияет положение выступов внутри мундштука. Если они находятся ближе к окну мундштука — строй в целом ниже, если дальше — строй выше. Также влияют на строй и выступы мундштука саксофона.

Повышение или понижение общего строя гобоя производится меньшей или большей глубиной задвижения или выдвижения трости: чем глубже задвигается штифт трости в гобой, тем выше строй, и наоборот. Штифт трости гобоя можно рассматривать как продолжение канала инструмента, и в некоторых пределах с его помощью также можно менять высоту звуков. Если внутренний диаметр штифта уже диаметра основного канала гобоя, строй повышается, если шире — строй понижается.

Для изменения общей высоты строя фагота музыканты используют набор металлических трубок — эсов разных длин. Короткий эс (№ 1) несколько повышает строй, и самый длинный (№ 3) — понижает его. Общую высоту строя фагота можно менять и за счет толщины резиновой прокладки в двойном соединительном колене. Более толстая прокладка, естественно, понижает строй, более тонкая повышает его. В небольшой степени изменяет строй фагота разная глубина посадки трости на эсе: выдвижение трости понижает строй, более глубокая посадка повышает его.

Общий строй саксофона регулируется положением мундштучной трубки (эса) и глубиной насадки самого мундштука. При выдвижении мундштучной трубки и менее глубокой насадке мундштука строй саксофона понижается. Наоборот, более глубокая насадка мундштучной трубки и мундштука повышает общее звучание.

Как и в группе медных инструментов, изменение общей высоты строя инструментов деревянной группы больше влияет на натуральные звуки с более коротким столбом воздуха, чем на звуки с более длинным столбом воздуха. Поэтому и здесь возникает задача взаимной регулировки положения нижнего и верхнего регистров. У флейты взаимная настройка регистров осуществляется передвижением пробки в головке инструмента. Изменение положения пробки влияет главным образом на звуки верхнего регистра: чем ближе пробка выдвигается к основанию головки, тем ниже звучание верхних звуков, и чем глубже пробка задвигается в ствол головки, тем выше звучание этого регистра.

Правильная настройка звукоряда кларнета предусматривает установку специального кольца во внутреннюю часть раздвинутого бочонка (для заполнения пустоты). Необходимо знать также, что если внутренний диаметр мундштука уже канала бочонка, то звуки верхнего регистра будут завышены; если диаметр мундштука шире, то занижены. Для относительного понижения звуков фагота, извлекаемых при длинных столбах воздуха, иногда выдвигают обе трубки из двойного соединительного колена инструмента. Взаимное положение регистров деревянных духовых инструментов в некоторой степени возможно регулировать подбором тростей. Более тонкие и легкие трости кларнета, гобоя, фагота и саксофона понижают звуки, особенно в верхнем регистре. Толстые тяжелые трости дают некоторое повышение высоты, больше на низких, чем на высоких звуках.

После того как установлена правильная высота строя и отрегулировано взаимное положение регистров, может оказаться, что большие отклонения от правильной высоты имеют отдельные звуки по

диапазону. Какие приемы существуют для корректировки таких звуков? В зависимости от знака отклонения высоты (выше или ниже нормы) прибегают к следующим приемам. Понижают высоту звука: 1) уменьшением диаметра звукового отверстия, для чего стенки отверстия смазывают клеем, шеллаком или вставляют тонкую втулочку, например из пластмассы; 2) установкой более толстой подушечки клапана; 3) уменьшением высоты подъема клапана. Повышают высоту звука: 1) увеличением диаметра звукового отверстия; 2) установкой более тонкой подушечки; 3) увеличением подъема клапана.

Те или иные способы корректировки строя деревянных инструментов по-разному влияют на общую высоту строя и на высоту отдельных звуков, то есть так или иначе изменяют характер кривой настройки инструментов. Поэтому в процессе настройки необходимо контролировать ее по звукам лада, по правильности высоты звуков верхнего регистра (звуков с коротким столбом воздуха), по правильности соотношения одноименных звуков в разных регистрах, по минимальным (в среднем) отклонениям наиболее фальшивых звуков.

Зная рассмотренные выше закономерности и правила настройки тонов, умело пользуясь ими, музыкант-духовик может оптимальным образом настроить свой инструмент.

Как правило, духовые инструменты чаще используются в ансамблевой игре, в оркестрах, и поэтому нужно выполнять взаимную настройку инструментов. Укажем только, что в качестве общих эталонов настройки берут инструменты высокой или средней тесситуры, имеющие более низкий строй: низкая флейта, низкий гобой или кларнет. Настройка производится на основе системы натуральных звуков, расположенных, например, по квинтам.

Как мы уже говорили раньше, идеально точно настроить духовой инструмент невозможно. Дальнейшей повышенной точности настройки музыкант добивается уже разными игровыми приемами. Мы их здесь только кратко охарактеризуем.

Вспомогательная аппликатура дает дополнительную возможность музыканту улучшать интонацию при игре. В группе деревянных инструментов вспомогательная аппликатура образуется либо заменой одной пальцевой комбинации другой, либо путем добавления к основной комбинации других закрытых или открытых отверстий. Открывание отверстий рядом с основной аппликатурной комбинацией повышает звучание, а неполное или полное прикрывание пальцами или клапанами отверстий, наряду с основной аппликатурной комбинацией, понижает звук.

В группе медных духовых инструментов также используется вспомогательная аппликатура для исправления дефектов настройки и улучшения интонации отдельных звуков. Вспомогательная аппликатура образуется понижением не ближайшего, а последующего натурального звука. В этом случае комбинация с большим количеством вентилях даст повышение тона и комбинация с меньшим количеством вентилях — понижение. Улучшение интонационной точности в медных инструментах производится также за счет подстройки пер-

вого и третьего вентиля, а также четвертого вентиля (у тубы, баритона, валторны).

Управляя своим амбушюром, музыкант может в известных пределах менять высоту каждого извлекаемого тона. Повышение тона достигается увеличением напряжения губ и давления воздуха в полости рта, уменьшением объема полости рта, более плотным сжатием челюстей. Понижение тона достигается противоположными действиями.

При игре на деревянных духовых инструментах с тростью (гобой, кларнет, фагот, саксофон) некоторое повышение звуков обеспечивается более плотным прижатием губ к трости, что уменьшает длину и повышает упругость колеблющейся части трости. Для понижения тона уменьшают нажим губ на трость и одновременно, охватывая губами большую часть ее, увеличивают массу язычка и уменьшают его упругость.

Музыканты применяют специальные приемы изменения формы и объема полости рта, которые нужны им для управления высотой извлекаемых звуков. Это достигается «произнесением» разных гласных. Слоги *то, ту, та* понижают интонацию, а слог *ти, ди, те* повышают ее. Кроме того, некоторые инструменты позволяют применять специфические приемы управления интонацией. Так, флейта звучит несколько выше, если струя воздуха направляется ближе к верхнему краю отверстия, и звук флейты понижается, если струя воздуха посылается в глубину лабиального отверстия. В первом случае головка флейты несколько поворачивается от музыканта, во втором случае слегка поворачивается к музыканту. Валторнисты для корректировки отдельных звуков могут пользоваться введением кисти руки в раструб инструмента. Более глубокое введение понижает тон, выдвижение — повышает его.

В целом различными приемами музыканты на духовых инструментах в состоянии изменять частоту колебаний каждого звука в пределах ± 40 центов.

Допускаемые отклонения строя духовых инструментов, естественно, должны быть меньше пределов ± 40 центов, в которых музыкант способен корректировать строй в процессе игры с помощью амбушюра. Узаконенных норм на погрешность строя еще не существует, но ориентировочные значения могут быть даны. Для допуска на среднее отклонение строя от высоты эталона *ля*¹ 440 Гц П. Н. Зимин рекомендует диапазон 0—20 центов. Для тона *ля*¹ это составит 0—5 Гц. Данное общее завышение строя необходимо в тех случаях, когда музыканты играют при низкой температуре (на морозе) и духовой инструмент не может быть прогрет до нормальной температуры.

Для отклонений частоты отдельных звуков от средней общей высоты строя можно сказать только, соглашаясь с автором работы [46], что среднеквадратическое отклонение, меньшее ± 10 центов, может считаться показателем безупречной настройки духового инструмента. Во многих инструментах фактическое среднеквадратическое отклонение от общей высоты строя зачастую больше ± 20 центов.

V. УПРАЖНЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО НАСТРОЙКЕ ФОРТЕПИАНО

Процесс овладения настройкой включает в себя достижение следующих целей:

- умение слышать обертоны в звучании струн;
- умение слышать биения в расстроенном унисоне и расстроенной октаве;
- умение уверенно распознавать расстройку хоров и биения одиночной струны;
- умение контролировать частоту биений в процессе настройки унисона и октавы, добиваясь исчезновения биений;
- умение распознавать чистую и темперированную квинту и кварту, овладеть темперированием интервалов;
- овладение в целом настройкой области темперирования *ля* — *ля*¹ и умение контролировать правильность настройки квинто-квартового круга, находить ошибки темперирования;
- овладение приемами и навыками контроля точности настройки по всему диапазону фортепиано.

Порядок овладения настройкой интервалов следует правилу от простого к сложному. Это значит, что овладеть необходимо сначала настройкой унисона, потом октавы, потом квинты, потом кварты, далее терций и секст. Но прежде всего необходимо научиться слышать биения в расстроенных унисонах и октавах.

Для овладения настройкой клавишного инструмента решающее значение приобретает практическая работа. Сюда входит и предварительная тренировка слуха, и практическая работа с ключом.

Не выполнив ряд заданий и упражнений, приведенных ниже, не отработав слуховой контроль биений, не следует делать полную настройку фортепиано. Сначала надо натренировать слух и приобрести навык работы с ключом на простейших интервалах — унисонах, октавах.

Что же нужно прежде всего, чтобы начать настраивать? Нужно иметь: 1) настроенный ключ (лучше с восьмигранным гнездом головки); 2) вилочный камертон (желательно с проверенной и правильно установленной частотой колебаний, находящейся в пределах $440 \pm 0,5$ Гц); 3) набор резиновых клинков; минимальное количество клинков — два, но лучше — 13, по количеству хоров в октаве; 4) клинок на деревянной ручке с оклеенными замшей концами (для дискантовых струн).

Этот минимальный набор вполне достаточен для настройки, если фортепиано не требует регулировки механики. Нередко требуется также простая отвертка (если нет специального хореизена) для правильной разбивки струн хора на клангштабике, раздвижки близко сошедшихся струн. Особенно часто это наблюдается в хорах толстых гладких теноровых струн. Между сдвинутыми струнами трудно вставить клинок и поэтому расстояние увеличивают подбивкой смещенной на клангштабике струны с помощью отвертки или хореизена. При этом иногда бывает, что струны после смещения снова сближаются. Тогда надо попытаться сдвинуть другие струны хора и найти устойчивое положение их с сохранением нормального расстояния между ними. В инструменте с аграфами таких проблем не возникает.

В соответствии с расположением регистров фортепиано слева направо — басового, тенорового, дискантового, также слева направо располагаются толстые одинарные басовые струны, далее тонкие двойные басовые струны, тройные толстые теноровые и тройные тонкие дискантовые струны. Группа струн, по которым молоточек ударяет одновременно, составляет хор одинаковых по частоте колебаний струн. В басах хоры содержат по одной и по две струны, в теноре и дисканте — по три.

Клавишный инструмент, на котором будут проделываться все упражнения и который будет настраиваться, может иметь даже плохую настройку. Для начинающего не годится только инструмент с вновь наложенными и ни разу не настраивавшимися, то есть даже не цвикованными, струнами. Цвиковка — дословно «защипывание» — означает черновую, предварительную настройку струн после их наложения на футор. Вряд ли начинающему придется столкнуться именно с такой ситуацией. Скажем здесь только, что в процессе цвиковки используются мелодические интервалы для установки на слух приблизительной высоты струн. Для этого надо помнить на слух (уметь сольфеджировать) ширину основных интервалов в пределах октавы.

Немецкие мастера еще в прошлом веке считали, что действительное профессиональное образование достигается тогда только, когда руководствуются правилами: обучение для профессии и учеба через профессию. Применительно к нашим задачам это означает, что, только настраивая, научишься настраивать. Поэтому далее мы опишем подробно один из вариантов настройки пианино с попутными контрольными проверками. Этот вариант целиком предназначен для новичка в настройке, который еще не запомнил последовательность ходов, не представляет, как следует проверять те или иные из настраиваемых интервалов, какими способами, приемами надо преодолевать возникающие при настройке трудности. Такого новичка пока не интересует все разнообразие существующих вариантов настройки, и ему нужен один, наиболее доступный и понятный, с которым он может справиться.

Расписанная ниже последовательность действий является одновременно и учебными упражнениями, и настроечными операциями, выполняя которые начинающий, пережив и преодолев энное число

успехов и неудач, сможет в конце концов сказать: «Вот моя первая самостоятельно сделанная настройка инструмента».

Упражнения на слушание обертонов. Мы уже знаем, что биения, на контроле и управлении которыми строится вся настройка, образуются между близкими по частоте совпадающими гармониками разных струн. Поэтому в первом упражнении будем учиться слушать и слышать обертоны, чтобы убедиться в реальности их существования, а это, в свою очередь, необходимо для уяснения акустических процессов, происходящих при настройке струн по биениям. Иногда даже квалифицированные настройщики, показывающие высокое качество работы, не очень четко представляют механизм возникновения биений при настройке разных интервалов. Действительно, не зная о существовании высоких совпадающих по частоте обертонов, трудно объяснить, почему же при настройке, например, кварты от тона *ми*¹ вверх мы имеем дело фактически с настройкой обертона, лежащего на две октавы выше данного тона, то есть настраиваем обертон, высота которого равна высоте тона *ми*³.

Поднимем демпфера пианино или рояля нажатием правой педали и громко споем какую-либо ноту над струнами инструмента. Прекратив петь, мы тут же услышим звучание струн. В том, что мы слышим именно звук струн, легко убедиться опусканием демпферов: после звучания струн, вызванное голосом, прекращается. В этом опыте можно петь ниже или выше и струны будут отзываться низким или высоким эхом. Более того, если спета гласная *а* и потом спета гласная *о*, *и* или какая-нибудь другая, то и эхо струн при поднятых демпферах будет отзываться той же гласной. Разные гласные содержат разный состав обертонов, что вызывает резонирование совпадающих обертонов струн.

Есть и другой способ услышать обертоны. Флажолетные тона — это те же обертоны. Скрипачам не надо объяснять, как их получить. На любом струнном инструменте легко извлечь флажолетный тон следующим образом: приложим точно посередине струны ребром обычную стиральную резинку (но не прижимая струну к грифу) и будем зашипывать одну из половин струны. Если резинка приложена точно посередине, то мы сразу услышим флажолетный октавный тон. Если место касания выбрано неправильно, то, перемещая точку касания и периодически зашипывая струну, мы найдем такое положение, когда октавный обертон — флажолетный тон ясно зазвучит. И это несмотря на то, что ребро резинки является по существу демпфером струны. Но так как демпфер находится на узле колебаний — посередине струны, то он и не препятствует звучанию октавного натурального тона. Тем же способом можно вызвать звучание и квинтового обертона, расположив демпфер на $\frac{1}{3}$ длины струны от подставки (или порожка). Уточняя положение демпфирующего ребра резинки, найдем также узел колебаний на струне, соответствующий дециме от основного тона открытой струны. Место узла определяется при наступлении такого момента, когда звучание обертона (флажолета) становится достаточно заметным. При незначительном смещении демпфера влево или вправо от узловой точки зву-

чание обертона резко сокращается и он не возбуждается. Задача упражнения — научиться слышать возможно большее количество обертонов, не меньше 5—6, на одной струне. Верхние обертоны звучат доли секунды, но их «писк» хорошо заметен. Научившись следить таким образом за звучанием обертонов, нам легче будет следить за биениями, возникающими при сложении колебаний обертонов совпадающих частот.

Надо учесть также, что число узловых точек равно номеру обертонов: первый обертон — октава — имеет одну узловую точку посредине струны, второй обертон — дуодецима — имеет две узловые точки, делящие струну по длине на три части, и т. д.

Поучительной может оказаться отметка узловых точек, найденных на струне, с помощью капельки краски. Тогда можно проследить, какое количество обертонов удастся обнаружить на одной струне.

Кстати, отметив мягким карандашом на грифе струнного инструмента точное расположение узла октавного обертона каждой струны, музыкант может обнаружить, что положения узловых точек не находятся на одинаковом расстоянии от подставки или по отношению к двенадцатому ладу, делящему в щипковом инструменте струну пополам: разница в расстояниях может достигать нескольких миллиметров. Причина несовпадения узловых точек разных струн заключается в неодинаковости физических параметров отрезков струн (небольшие изменения диаметра, плотности материала по длине струны), неправильном положении подставки, неправильной разбивке ладов.

При игре флажолетами, для того чтобы вызвать звучание обертона струны, необходимо найти узловую точку этого обертона и легко коснуться ее пальцем (или каким-либо твердым предметом). Но способна ли струна дать ясно слышимый обертон сама, без фиксации узловой точки?

После некоторой тренировки удастся слышать обертоны и без фиксации узловых точек, здесь необходимо только обостренное слуховое внимание. Помощь окажет и предварительное прослушивание обертона, когда он вызывается как флажолет, и тут же, пока слуховая память удерживает звучание обертона, прослушивание звучания открытой струны, в которой при такой подсказке уже ясно распознается этот обертон.

Флажолетные тона можно получить и на струнах клавишных инструментов, особенно легко это сделать на струнах рояля.

На струне фортепиано, например, в среднем регистре легко найти узел одной из гармоник, если прижать палец к струне и ударить по клавише. Тогда, передвигая палец по струне, можно найти положение, когда при ударе молоточка отчетливо становится слышна одна из гармоник. Упражнения на слушание обертонов надо проделать также с тонами, лежащими на одну-две октавы выше и ниже тонов средней октавы. Например, прослушать натуральный ряд: *ля*¹, *ми*², *ля*²...

Проверяя звучание обертонов в разных местах звукового диапазона фортепиано, отмечаем для себя участки, где удастся слышать

большое количество обертонов (басовый и теноровый регистры), и участки, где не удастся получить более 1—2 обертонов (верхний дискант).

Легко выделить звучание обертонов струны, используя резонанс, возбуждая обертоны звучанием струн октавой, квинтой или терцией выше или ниже исходной струны. На клавишном инструменте нетрудно провести подтверждающий такую возможность опыт.

Упражнение на слушание обертонов струн фортепиано. Нажать беззвучно клавишу *до* малой октавы, резко ударить по клавише *до*¹ и через секунду-две отпустить последнюю. Возникший слабый, но ясно слышимый звук, исходящий от струн хора *до*, и будет октавным обертоном (или второй гармоникой) этого хора. (В обоих хорах *до* и *до*¹ можно оставить по одной, например левой, струне, заглушив остальные). Отпустив клавишу *до*, замечаем прекращение звучания октавного обертона и убеждаемся, что именно струна *до* является источником этого звука. Здесь мы заставили струну *до* колебаться двумя своими половинами, каждая из которых дала колебания с частотой в два раза выше частоты основного тона. В такой же последовательности ударяем по клавише *ля*¹ (при беззвучно нажатой клавише *до*) и вызываем звучание квинтового обертона (третьей гармоники) струны *до*, которая стала в этом случае колебаться тремя своими третями. Ударом по клавише *до*² вызываем звучание кварттового обертона (четвертой гармоники), заставляя струну *до* колебаться четырьмя своими четвертями. Ударом по клавише *ми*² и далее по клавише *ля*² вызываем звучание большой и малой терций (пятая и шестая гармоники). С ростом номера обертона повышается его высота. Так, первый обертона выше основного тона на октаву, второй обертона — на дуодециму, третий — на двойную октаву, четвертый — на двойную октаву плюс большая терция, пятый — на двойную октаву плюс квинта.

Именно эти обертоны одной струны дают биения с совпадающими по высоте обертонами другой струны, если нет идеального равенства частот. После того как мы научимся слышать несколько первых обертонов, уже можно поупражняться в слушании обертонов без вспомогательных резонирующих струн. Слух запоминает звучание обертонов и легко обнаруживает их в звуке одиночной струны. Такое упражнение рекомендовал еще Герман Гельмгольц, отец современной музыкальной акустики.

Как правило, легко услышать гармоники, которые являются нечетными по отношению к основному тону. Такими являются квинта, терция, секста и т. д. Четные гармоники — 2, 4, 8-я являются верхними октавами основного тона, 6-я гармоника — верхней октавой 3-й гармоники, то есть дуодецимой; эти гармоники требуют усилий для их обнаружения и восприятия.

На прослушиваемость обертонов оказывает влияние также степень настроенности инструмента: при большой расстройке обертоны резонируют плохо и, следовательно, прослушиваются хуже.

Упражнения на слушание биений. Музыканту не нужно объяснять,

как звучат биения в расстроенных унисоне или октаве. Для тех, кто не вслушивался ранее в биения, не уверен в их восприятии, но научился направлять свое внимание на звучание обертонов, ему легко научиться слышать и биения этих обертонов, которые проявляются в периодических изменениях громкости обертонов, в их вибрациях, высокочастотном «дребезжании».

На слух биения воспринимаются как слабое на общем фоне звучания вибрато, создающееся за счет периодического изменения громкости и в малозаметной степени — частоты сложного звука.

Упражнение. Заглушить две струны в хоре среднего регистра и, ударя по клавише, подстроиться своим голосом к звуку инструмента. Незначительно меняя высоту пения какой-нибудь гласной, вслушиваться в характер возникающих биений. Отмечать увеличение и уменьшение числа биений при подстройке к звуку инструмента.

Упражнение с камертонами. Взять два камертона, возбудить их колебания и одновременно поднести к уху. Если высота камертонов несколько различна, то ухо услышит четкие биения, частота которых тем больше, чем больше взаимная расстройка камертонов (то есть больше взаимная разность частот колебаний).

Наконец, в верхнем регистре зашипывая острой деревянной палочкой или медиатором по одной струне, найдем такие струны, которые сами по себе имеют биения.

Биения сложных тонов слушаем при ударе по клавише расстроенного фортепиано, когда высота одной из струн хора несколько отличается от высоты другой струны того же хора.

Упражнение. Необходимо найти хоры струн, которые расстроены и звучат с биениями. Последнее означает, что частоты отдельных струн одного хора не совсем точно совпадают между собой. Слуховое внимание должно быть направлено на обнаружение биений в унисоне при ударе по одной клавише.

Если пианино или рояль настроены хорошо, то биения можно создать, прикрепив к одной из струн хора горошину из воска, пластилина. Получится достаточная расстройка для возникновения биений.

При этом слуховое внимание надо направлять на биения в разных обертонах, то есть надо научиться подключать внимание и к биениям между нижними обертонами и к биениям между верхними обертонами. Достаточно будет научиться слышать в среднем регистре фортепиано два разных биения: самое низкое и октавой выше его (имеются в виду разные биения в одном и том же расстроенном унисоне, то есть на одних и тех же двух струнах).

Упражнение на восприятие оттенков тембра в унисонах различной точности настройки. Расстроить слегка левую струну хора (например, тона *си*¹) и, поочередно заглушая то правую, то левую струны, сопоставлять тембр по-разному расстроенных унисонов. Чем больше расстроен хор, тем он резче, ярче звучит, тем чаще биения, и наоборот: точно настроенные в унисон струны хора дают спокойное, как бы матовое звучание, глуховатое по тембру.

Точно настроенный унисон почти не отличается по тембру звуча-

ния от звучания одиночной струны, и надо научиться очень внимательно вслушиваться в звучание такого унисона, чтобы уловить возможное различие тембра.

Упражнение на различение взаимной высоты струн в расстроенном унисоне. Определяется средняя по высоте струна. Для этого необходимо прослушать биения в трех парах струн: левая — средняя, левая — правая и средняя — правая. Найдем пару, дающую наиболее частые биения, тогда третья струна и будет иметь среднюю высоту. Допустим, наиболее частые биения дала пара левая — средняя струны, тогда средней по высоте будет правая струна.

При проверке расстройки струн в унисоне также можно использовать заостренную тонкую палочку из бука или граба для защипывания струн и установления их взаимной звуковысотности.

Теперь приступим непосредственно к отработке контроля биений и начнем с унисона *фа*¹. Данный хор должен быть слегка расстроен. Если же инструмент недавно настраивали, а начинающий настройщик (точнее — начинающий учиться настройке), как ему кажется, не слышит биений в звучании хора, то остается проделать «жесткий эксперимент»: находим вибрель второй струны хора *фа*¹, для чего нажимаем клавишу *фа*¹, прослеживаем движение молоточка, замечаем нужный хор струн и вибрель второй струны, далее устанавливаем настроенный ключ рукояткой вверх и немного влево (здесь и далее речь пойдет о положении ключа при настройке пианино; положение ключа при настройке рояля — в горизонтальной плоскости, и легко провести соответствующую аналогию), чуть поворачиваем вибрель против часовой стрелки, слегка понижая струну и расстраивая унисон. Поворот должен быть минимальным, что достаточно для расстройки хора. Напомним: чем сильнее натянуты струны, тем больше частота колебаний и выше издаваемый звук, ослабление натяжения понижает высоту струн. Теперь остается ударить по клавише *фа*¹ и вслушаться в полученный звуковой результат. Биения в расстроенном хоре будут заметны очень хорошо. Разница в характере звучания тона с биениями и без них должна быть понятна и уяснена до конца. Лучше всего этого добиться сравнением совместного звучания левой и средней расстроенной струны со звучанием одной левой струны: ставим резиновый клинок между второй и первой струнами, ударяем по клавише и вслушиваемся в характер звучания одной только левой струны; заглушаем затем одну первую (правую) струну, ударяем по клавише и вслушиваемся в характер звучания расстроенных струн, обращая внимание на разницу в тембре первого и второго звучаний. Такое сравнение звучания при поочередном заглушении двух струн и одной струны надо проделать столько раз, сколько необходимо для четкого уяснения разницы в тембре звука за счет появления биений в расстроенном унисоне и уяснения самого характера биений. Считаем, что одиночная струна не имеет биений.

Если же это не так, если струна попалась сама дающая биения, то нам просто не повезло и для наших упражнений необходимо выбрать и по той же методике сделать упражнения с другим хором.

Теперь пробуем немного подтянуть расстроенную вторую струну хора $фа^1$ и снова нацелим внимание на различие в характере звучания одной левой струны (без биений) и совместно колеблющихся струн 1-й и 2-й: частота биений в общем случае будет другой, нежели в первом эксперименте, — например, меньше. Подобным же приемом сравнения звучания одной третьей струны со звучанием второй и первой струн в хоре мы отыскиваем по диапазону фортепиано другие расстроенные хоры. Если вы научились слышать биения, то для вас может быть неожиданным обнаружение такого факта, что в любом инструменте очень мало хоров, которые не имели бы хоть какой-то доли биений в звучании унисонов (исключая тот случай, когда высококачественный инструмент только что настроен квалифицированным настройщиком). В обычном музицировании мы, как правило, не прислушиваемся тщательно к звучанию унисонов и не замечаем редкие биения или считаем их даже каким-то оживляющим звучание фактором. Острый слух настройщика замечает и отмечает эти биения.

Научившись слышать биения в унисоне, потренируемся в слушании биений в октавах: заглушаем две правые струны хоров $фа^1$ и $фа^2$, одновременно ударяем по клавишам этих хоров и вслушиваемся в возникающие биения. Если биения редкие, октава настроена хорошо, то можно слегка расстроить одну из струн и сравнить тембр звучания расстроенной октавы, отмечая наличие в ней биений. Подобным образом проверим звучание октав по другим тонам — *ля*, *до* и т. д. Найдем октавы с большим числом биений и октавы, не имеющие биений. Все время запоминаем звучание октав чистых и расстроенных.

Упражнение на слушание биений в темперированных интервалах: квинте, кварте, $ре^1$ — $ля^1$; $ре^1$ — $соль^1$. Обратите внимание на низкие и высокие биения, отметить их разницу по высоте. Сравнить звучание темперированных терций, например, *ля* — $до-диез^1$; $до-диез^1$ — $фа^1$; $фа^1$ — $ля^1$. Более подробно о контроле биений в данных интервалах мы скажем при рассмотрении настройки в области темперирования.

После определенной тренировки слух настолько изоощряется в слышании биений, что без труда обнаруживает целый ряд биений (особенно в басовых струнах) между более высокими обертонами, и такие биения высокого порядка будут уже мешать настройке и просто сбивать начинающего настройщика с толку. Главное значение в настройке любых интервалов имеют самое нижнее первое биение и второе, на октаву выше от него; на них-то и надо нацелить и тренировать свое внимание.

Упражнения на восприятие и контроль биений очень важны для овладения настройкой. Эти упражнения являются своеобразным тестом на «профессиональную пригодность» к обучению настройке клавишного инструмента. Естественно, все умеющие играть на каком-либо инструменте способны выдерживать этот тест.

Упражнения на слышание биений проделываются до тех пор, пока не появится уверенность в распознавании биений в хорах всех трех

регистров фортепиано. Только успешно освоив первое упражнение, начинающий может надеяться на наличие у себя данных, которые позволят ему стать настройщиком, по крайней мере, своего инструмента.

В соответствии с нашим намерением отрабатывать настройку на таких упражнениях, которые одновременно являются операциями настройки, приступим к первому шагу, с которого начинается этот процесс.

Настройка унисона. Первыми настраивают струны хора $ля^1$ по камертону с частотой 440 Гц. Здесь три отдельные операции:

- настройка правой струны по камертону,
- настройка средней струны по правой и
- настройка левой струны по средней и правой

(при настройке рояля первой настраивается левая струна, потом средняя и правая).

Первая настраиваемая по камертону струна задает общую высоту строя клавишного инструмента. Если нет каких-либо особых причин выдерживать эту высоту очень точно, то можно допустить погрешность общей высоты настройки — одно биение за 2—4 с, что не выходит за пределы нормы, допускаемой стандартом — $\pm 0,5$ Гц. Более точная установка высоты строя нужна при игре с другим инструментом, имеющим также фиксированную настройку, — другим клавишным или язычковым инструментом.

Находим по движению молоточка клавиши $ля^1$ соответствующий хор и вставляем резиновый клинок между левой и средней струнами (этот рабочий момент в дальнейшем мы особо указывать не будем, как само собой разумеющийся). Разные положения клинка при настройке хора показаны на схеме 21 а, б, в.

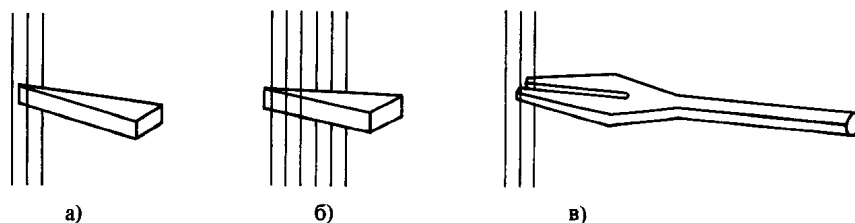


Схема 21. Заглушение струн клинками

Заглушение одной из струн двухструнного хора производится вставкой клинка между соседними хорами. Устанавливаем настроенный ключ рукояткой вверх и чуть влево на нижний вирбель хора $ля^1$, соответствующий правой струне; убеждаемся в плотной посадке головки ключа на вирбеле. Берем камертон правой рукой за ножку, ударяем левой рукой клавишу $ля^1$, ударяем одной из вилок камертона по согнутому суставу кисти левой руки, подносим камертон параллельно уху и вслушиваемся в биение совместного звучания струны и камертона. Повторяем эту операцию 2—3 раза и запоминаем часто-

ту биений. Затем одновременно с ударом по клавише поворачиваем вирбель на минимальный угол по часовой стрелке и снова слушаем биения совместного звучания струны и камертона, отмечая изменения частоты биений. Сразу же решаем вопрос: правильно ли было выбрано направление вращения вирбеля? Уменьшение числа биений сигнализирует о том, что направление поворота вирбеля было выбрано правильно, увеличение — наоборот, о том, что направление поворота выбрано ошибочно.

Начинающий может быть сначала неуверен в том, меньше или больше стала частота биений после поворота вирбеля (это может быть и на самом деле, когда случайно струну расстроили на такую же величину, перейдя через нуль биений). В этом случае рекомендуется сделать большой поворот вирбеля против часовой стрелки до появления частых и потому хорошо заметных биений.

В кратком изложении настройка первой струны по камертону будет проходить в такой последовательности:

— удар по клавише и по камертону — слуховой контроль биений, — поворот вирбеля ключом на минимальную величину. Такая последовательность повторяется до тех пор, пока биения при сравнении звуков камертона и струны не исчезнут. Практически считается, что унисоны области темперирования *ля* — *ля*¹ настроены правильно, если одно биение прослушивается за 10 сек.

Перейдем теперь к настройке средней струны хора *ля*¹. Вставляем клинок между левой струной хора *ля*¹ и правой струной хора *ля-бемоль*¹, оставляя свободными среднюю и правую струны, устанавливаем настроочный ключ на среднем вирбеле хора *ля*¹, ударяем по клавише *ля*¹, слушаем биения двух струн хора и после незначительного поворота ключа, ударив вновь по клавише, определяем характер изменений биений. При уменьшении частоты биений продолжаем поворачивать ключ в ту же сторону, при увеличении частоты биений поворачиваем ключ в противоположную сторону. Если на первых порах нет уверенности в отсутствии биений, то можно незначительным поворотом ключа против часовой стрелки опустить струну, что вызовет частые биения, и затем, периодически ударяя по клавише и подтягивая струну вверх, поворотом вирбеля по часовой стрелке, вслушиваясь в уменьшающиеся биения, добиваемся их исчезновения. В дальнейшем при накоплении опыта уже не будет нужды в резкой расстройке унисона поворотом ключа, что само по себе является нежелательной операцией, так как снижает надежность держания строя вирбелем. На первых порах погоня за точным унисоном будет похожа на попытку поставить карандаш на острие. В самый последний момент вдруг опять появляются биения, если не знать, как правильно работать с настроочным ключом, подходя к точному унисону. Допустим, мы пришли к такому положению вирбеля и струны, когда малейший поворот ключа и по часовой стрелке, и против вызывает увеличение биений, а чистого унисона еще нет. Это значит, что наступил момент, когда точная установка вирбеля должна производиться не поворотами, пусть даже минимальными, а очень легкими толчками, даже только нажимом кисти на рукоятку ключа.

При настройке пианино, как мы уже знаем, рукоятка ключа расположена вертикально или почти вертикально. В этом положении легкие импульсивные движения рукоятки делают в направлении: вправо — от себя (или вправо — вверх), когда необходимо повысить частоту струны, и влево — к себе (или влево — вниз), когда необходимо понизить частоту. Легкими толчками по рукоятке, слабым нажимом пальцами в указанном направлении с одновременным ударом по клавише вслушиваемся в высокочастотные биения и, устраняя их, добиваемся чистоты звучания унисона.

Настройку левой струны хора ля¹ производят по настроенной средней струне (при этом правую струну можно заглушить). Последнее не обязательно, когда удалось добиться чистого унисона ранее настроенных струн.

Закончив настройку всех струн хора ля¹, надо еще раз проконтролировать получившийся результат: снова сверить звучание одной правой струны со звучанием камертона. Не исключено, что биения вновь стали чаще, чем одно биение за 2—4 секунды, ведь, начиная учиться настраивать хор, мы наверняка сделали много лишних ударов по клавише, что могло расстроить первую струну. К тому же при первых попытках и сам вирбель мог быть установлен не в устойчивое, стабильное положение. Этого тоже надо уметь добиваться, даже чувствовать, в устойчивом ли положении мы оставили вирбель. Проверку устойчивости системы «вирбель — струна» произведем с помощью достаточно сильного удара по клавише. Такой проверкой в дальнейшем необходимо заканчивать настройку каждого хора. Если после первого прохода настройки струн хора ля¹ в нем образуются биения, то струны еще раз подстраивают, выявляя сначала расстроенную струну поочередным заглушением одной струны и прослушиванием и оценкой точности настройки оставшейся пары.

На данном этапе мы настраивали три унисона, то есть три струны хора ля¹. Для закрепления навыка настройки чистых унисонов возьмите другие тона инструмента, например фа¹ и до¹, подстроив среднюю и левую струну к правым.

Признаки точной настройки унисона. Умение точно настраивать унисоны струн является настолько важным для профессионализма настройки, что целесообразно более подробно остановиться на этом вопросе.

Как добиться устранения биений в унисоне? С частыми биениями начинающий настройщик научится справляться быстро: они хорошо слышны, и поворотом настроенного ключа можно резко изменять характер биений от быстрых до медленных. Но вот биения стали редкими, слабыми, плохо различимыми на слух. С одной стороны, такие биения плохо воспринимаются, а с другой стороны, в какую сторону ни вращай ключ, унисон остается плохо настроенным. Тут надо знать некоторые тонкости рабочих приемов чистой настройки унисонов, которые хорошо знакомы опытным настройщикам.

Во-первых, надо уметь слушать и слышать высокочастотные биения, которые возникают между верхними обертонами. Как научиться их слышать? Надо знать, что частота биений растет с увеличением

номера совпадающих обертонов: для октавных обертонов частота биений в два раза больше, для квинтовых обертонов в три раза больше, для квартовых обертонов частота биений в четыре раза больше, чем частота биений основных тонов (первых гармоник). Следовательно, устранив нижние биения между первыми гармониками, нам надо еще вслушиваться в биения верхних обертонов, которые гораздо чувствительнее реагируют на малейшее несовпадение частот настраиваемых струн. Поэтому унисон будет только тогда хорошо настроен, когда будут устранены и высокочастотные биения — слабые, дрожащие «звучки», «петухи». Они бывают настолько слабы, что неопытный слух теряется в догадках: есть ли биения для верхних пар обертонов или их уже нет? Безошибочен следующий прием, подсказывающий нам ответ на вопрос — точно или не совсем настроен унисон двух струн? Надо сравнить звучание одной струны (например, правой, настроенной по камертону) *ля*¹ с совместным звучанием средней и правой струны того же хора: вставляем клинок между третьей и второй струнами, заглушая их, ударяем по клавише и вслушиваемся в спокойное, матовое по тембру звучание одиночной струны. Теперь заглушаем только одну струну, ударяем по клавише и сопоставляем тембр нового звучания с первым, вслушиваемся в малейшие различия оттенков тембра. Если во втором звучании хоть немного изменился тембр, что-то новое возникло в звуке, то это значит, что унисон настроен не совсем точно. При точной настройке унисона тембр будет одинаков — что для одной правой струны, что для средней и правой струн вместе. Если разница возникает, то она, как правило, заключается в появлении высокочастотных биений верхних обертонов, «звучков», «петушков» (к сожалению, установленной терминологии не существует).

Во-вторых, момент точной настройки струн в унисоне узнается по резкому затуханию звучания хора. Звук с точным унисоном становится субъективно даже менее громким, он как бы пропадает, проваливается, если сравнивать его с чуть расстроенным унисоном. По этой причине, кстати, некоторые музыканты не любят очень точную настройку унисонов. Но начинающему настройщику на первых порах необходимо стремиться именно к чисто настроенному унисону. Это потом в унисонах само собой появится некоторая доля биений, которые и будут несколько оживлять звук, делать его несколько более громким (субъективно, т. е. на слух).

В-третьих, увеличение расстройки двух струн в унисоне проявляется в изменении тембра к более резкому, дребезжащему. Сближение частые биения, что говорит лишь о той или иной степени расстройки интервала в разных парах струн.

В качестве упражнения, впрочем, необязательного, можно проделать настройку чистыми квинтами и чистыми квартами для того, чтобы убедиться в реальности существования коммы. Например, в исходном хоре *ля*¹ настраиваем две правые струны. Далее чистыми квинтами и квартами настраиваем одни левые струны хоров области темперирования. Последним интервалом будет настроена левая струна *ля*¹. Разница высоты этой последней струны квинто-квартового

и октавах. Но при такой экспресс-настройке, как правило, нельзя достичь высокой точности. При распознавании точности настройки унисона только по тембру в течение одной секунды гарантируется ошибка настройки не хуже одного биения в с, и при черновой настройке этого может быть достаточно. Потом, при втором проходе необходимо слушать звучание до его затухания (насколько позволяет длительность колебаний, не более 10 с) и подстраивать унисон до устранения биений в течение этого времени.

В-четвертых, при доведении необходимой точности настройки в интервалах окончательное положение струны достигается буквально легкими толчками кисти или даже легким давлением пальцев на рукоятку ключа вверх-вправо или вниз-влево.

В процессе выполнения первых операций-упражнений настройки начинающий должен овладеть рядом специфических приемов работы с настроечным ключом и навыков слухового контроля биений, уяснить общую последовательность операций, выполняемых при настройке унисона в хоре струн. Возможно, не все вначале будет понятно и усвоено. Тут годится только одна рекомендация: чтобы уметь настраивать унисоны, их надо настраивать. Банальная, но безошибочная рекомендация. Хочу посоветовать читателю внимательно прочитать предыдущий текст и подчеркнуть карандашом те слова и предложения, которые кажутся данному читателю важными, новыми, ключевыми. Это поможет быстрее, в конечном счете, освоить и усвоить материал.

Следующая операция: настройка октавы. Последовательность шагов:

- настройка правой струны хора *ля* по струне хора *ля*¹,
- настройка средней струны хора *ля* по правой и
- настройка левой струны по средней (и правой).

Начнем настройку октавы *ля* по отдельной (правой) струне *ля*¹, убедившись еще раз в точности настройки последней по камертону. Заглушаем среднюю и левую струны хоров *ля*¹ и *ля* для облегчения контроля настройки в других струнах. (В дальнейшем с приобретением опыта струны хора, по которому идет настройка октавы, остаются незаглушенными.) Ударяем одновременно по клавишам *ля*¹ и *ля*, вслушиваемся в биения и запоминаем их частоту. Отсутствие биений является признаком точности октавы, но скорее всего мы услышим биения. Пока не ясно, в какую сторону необходимо вращать вирбель, но так как строй инструмента со временем имеет тенденцию опускаться, то во многих случаях первым правильным направлением будет поворот вирбеля по часовой стрелке, на повышение струны.

Снова ударяем по клавишам октавы и, практически одновременно с ударом, подтянем струну, следя за изменением частоты биений. При уменьшении числа биений в октаве продолжаем подтягивать струну *ля*. При увеличении частоты биений изменяем направление поворота вирбеля на противоположное. Повторяем последовательность: удар по клавишам — поворот ключа — контроль частоты биений до устранения их в звучании октавы. Спокойное, ровное,

даже чуть глуховатое и без высокочастотных биений звучание будет сигнализировать о точности настройки.

После настройки правой струны *ля* подстраиваем к ней в унисон среднюю и левую струны хора по методике, изложенной выше.

На данном этапе у начинающего еще нет полной уверенности в качестве настройки октавы, не хватает опыта. Достижение уверенности и выработка навыка появятся после настройки десятков и сотен октавных интервалов, а пока для лучшего усвоения октавной настройки сделайте такие упражнения:

- настроить правую струну *ля* по правой струне *ля*¹,
- настроить левую струну *ля* по левой струне *ля*¹,
- настроить среднюю струну *ля* по средней струне *ля*¹ (в этом случае нужно четыре клинка — по два для заглушения крайних струн хоров *ля* и *ля*¹). Оценить качество получившихся унисонов *ля*. Вряд ли с первого раза этот хор будет иметь безупречные унисоны, так как струны настраивались по разным струнам хора *ля*¹, которые сами могут быть настроены не совсем идеально.

Поупражняемся еще в настройке октавы *ля* — *ля*¹:

Настроить по очереди правую, среднюю и левую струны *ля* по одной и той же струне *ля*¹ (например, по правой). Проверить и оценить точность получившихся унисонов *ля*. В этом случае по качеству унисонов хора *ля* можно судить в определенной степени о точности настройки октав: правая струна *ля*¹ — правая струна *ля*; правая струна *ля*¹ — средняя струна *ля*; правая струна *ля*¹ — левая струна *ля*. Если нет биений в хоре *ля*, то это значит, что октавы настраивались точно (правда, остается такой маловероятный случай, когда все три октавы настроены неправильно, но с одной и той же ошибкой, — тогда унисон тоже будет правильным).

Настроить в том же порядке октавы хоров *ля*¹ — *ля*² и оценить точность получившейся настройки унисонов *ля*².

Последние упражнения предназначены только для отработки навыка настройки октав. В реальной настройке поступают в упрощенном порядке: сначала настраивается в октаву одна из струн хора, потом к ней в унисон подстраиваются остальные струны. Упражнения на настройку унисонов и октав необходимо продолжать до приобретения навыка уверенного установления правильной высоты струн в этих интервалах. Эти интервалы дают возможность четко слышать биения и уяснить саму процедуру настройки, приобрести навык действий с настроочным ключом. Услышав и уяснив характер изменения биений от редких к частым (и наоборот) в унисоне и октаве, легче перейти к настройке по биениям струн в других интервалах — квинтах и квартях, больших и малых терциях и секстах.

Основная практика настройки унисонов и октав начнется после овладения настройкой струн квинтами и квартами в области темпирования. Скажем здесь, что примерно 60% всех настраиваемых интервалов — унисоны, 35% — октавы и около 5% — квинты и кварты области темпирования. В среднем регистре октавы настраивать достаточно легко. Труднее настраивать октавы на самых край-

них участках диапазона фортепиано: там ниже чувствительность уха, а в дисканте, кроме того, требуется еще и умение ювелирной работы с настроечным ключом.

Настраивать сразу без определенного опыта октавы в нижнем и верхнем регистрах не рекомендуется. В дальнейшем, после овладения настройкой области темперирования *ля* — *ля*¹, необходимо будет настраивать все более и более низкие и более и более высокие октавы, и появляющийся навык будет способствовать преодолению трудностей настройки октав крайних участков диапазона.

Приступая к описанию шагов настройки области темперирования, сделаем несколько общих замечаний:

1. Для обучения настройке области темперирования инструмент не должен иметь слишком большую расстройку. В противном случае инструменту нужно делать цвиковку с использованием мелодических интервалов, о чем говорилось выше.

2. Напомним, что если настраивают нижний тон квинты, то сужение интервала ведется повышением этого тона. Если же настраивают верхний тон квинты, то сужение осуществляют понижением его. В темперации квинты, которая должна быть шире чистой, поступают наоборот.

3. Начинаящему важно знать также, что настройка области темперирования одними квинтами и квартами не позволяет достичь хороших результатов даже опытным настройщикам. Поэтому нужно как можно ранее включать в контрольные интервалы малые и большие терции и сексты.

Если контролировать только квинты и кварты, то другие интервалы могут получиться нерегулярными, неравномерными, и это сказывается на неравномерности тембровой окраски аккордов (особенно квартсектаккордов).

Начинающий настройщик вполне достигнет приемлемого результата, если будет черновую настройку делать квинтами и квартами, а точную доводку тонов по высоте будет осуществлять терциями и секстами.

Тренировка в слушании квинт и кварт состоит в уяснении характера звучания этих интервалов. Целесообразно в хорах выбранной квинты (или кварты) оставить, например, открытыми правые струны и, играя интервал гармонически, вникнуть, вслушиваясь в биения, в музыкальную структуру интервала. Найти, какие пары струн квинтовых тонов дают редкие биения, какие, может быть, частые биения, что говорит лишь о той или иной степени расстройки интервала в разных парах струн.

В качестве упражнения, впрочем, необязательного, можно проделывать настройку чистыми квинтами и чистыми квартами для того, чтобы убедиться в реальности существования коммы. Например, в исходном хоре *ля*¹ настраиваем две правые струны. Далее чистыми квинтами и квартами настраиваем одни левые струны хоров области темперирования. Последним интервалом будет настроена левая струна *ля*¹. Разница высоты этой последней струны квинто-квартового

круга и остальных двух струн хора $ля^1$ и покажет (конечно, с какой-то ошибкой) наличие пифагоровой коммы. По количеству биений можно определить численно интервальный коэффициент коммы, дающей около 5,5 биений в с.

Можно прослушать и музыкальный результат такой чистой настройки проигрыванием хроматической гаммы и аккордов. В разных тональностях характер звучания аккордов будет различным и в некоторых случаях совершенно неудовлетворительным.

Операция: настройка квинт и кварт области темперирования. Проверяем правильность настройки правой струны $ля^1$ по камертону и правильность настройки октавы $ля — ля^1$ (по правым струнам хоров). При необходимости устраняем биения и октаве.

Настройку всех квинт и кварт области темперирования будем вести по правым струнам хоров пианино и по левым струнам хоров рояля.

В абсолютном большинстве планов настройки области темперирования после тона $ля^1$ и его октавы $ля$ настраивают либо тон $ре^1$, либо тон $ми^1$.

Выбор $ре^1$ или $ми^1$ предопределяет две разновидности самых распространенных планов темперирования (см. нотные примеры 40, 41).

Настройщики пользуются и тем и другим или даже половину области темперирования ведут по одному плану, а половину — по другому (нотный пример 42). Каждый план имеет некоторые свои преимущества, по-разному, правда, доступные и оцениваемые начинающими и профессионалами.



План настройки области темперирования (на повышение)



План настройки области темперирования (на понижение)

Выбирая тон $ре^1$, мы настраиваем его в квинту от $ля^1$ и в кварту от $ля$. Выбирая тон $ми^1$, настраиваем его в кварту от $ля^1$ и в квинту от $ля$. Чем хорош тот или иной вариант начала?

Тон $ре^1$ легко настроить точно из-за его специфического положения по отношению к звукам октавы $ля — ля^1$: нижняя кварта $ля — ре^1$ и верхняя квинта $ре^1 — ля^1$ имеют одинаковое число биений — 1 в секунду. Темперировав тон $ре^1$ и сравнивая поочередно биения в нижней кварте с биениями в верхней квинте, добиваясь их одинаковости, мы точно настраиваем тон $ре^1$.

В настройке тона *ми*¹ другое преимущество, связанное с выполнением рекомендации по правильной технике работы с настроенным ключом: заключительное движение рукоятки ключа желательно делать влево — вниз для обеспечения стабильности установки вирбеля. Этим же движением достигается понижение тона *ми*¹ при темперировании чистой квинты *ля* — *ми*¹.

Настраивая триаду *ля* — *ре*¹ — *ля*¹, мы одновременно отрабатываем настройку октавы, квинты и кварты. Все эти интервалы взаимосвязаны, и ошибка в настройке одного интервала контролируется настройкой других интервалов, и наоборот. Аналогичным образом настройка триады *ля* — *до*¹ — *ля*¹ помогает отрабатывать настройку октавы, малой терции и большой сексты, вводя начинающего наиболее легким путем в умение настраивать более трудные, но более чувствительные к погрешностям терции и сексты.

Впоследствии читатель сам решит, какой вариант начала настройки области темперирования для него более предпочтителен. Это решение появится в будущем, а мы осуществим оба варианта в следующей последовательности.

Настраиваем тон *ре*¹:

- заглушаем левые пары струн в хорах *ля*¹, *ре*¹ и *ля*, оставляя правые струны для настройки;
- ставим ключ на вирбель правой струны хора *ре*¹;
- ударяем одновременно по клавишам *ре*¹ и *ля*¹ и подтягиваем струну *ре*¹ до получения одного биения в секунду. Напомним, что все квинты в равномерно-темперированном строе сужены, а все кварты расширены. Это нужно помнить твердо, поскольку при выборочном контроле интервалов придется корректировать и нижний и верхний тон, а без учета вида интервала легко можно ошибиться в выборе направления темперирования; если сразу трудно установить нужное сужение квинты, то рекомендуется квинту *ре*¹ — *ля*¹ сначала настроить чисто, без биений, а потом немного повысить струну *ре*¹ до появления одного биения в секунду. Для ориентировки можно сопоставлять биение с ходом секундной стрелки часов — биения должны следовать в такт с движением стрелки; контролируем правильность настройки *ре*¹. Это легко сделать сравнением биений в кварте *ля* — *ре*¹ и в квинте *ре*¹ — *ля*¹. В обоих интервалах число биений одинаковое — одно в секунду. Ударяем пятым и вторым пальцами левой руки по клавишам *ля* и *ре*¹, запоминая характер биений и затем ударяем вторым и первым пальцами левой руки по клавишам *ре*¹ и *ля*¹. Сопоставляем биения в этой паре кварты — квинты. Настройкой правой струны *ре*¹ добиваемся равенства биений в интервалах, схожести тембра звучания нижней кварты и верхней квинты. Может оказаться, что равенства биений получить не удастся. Это сигнализирует о том, что октава настроена не совсем точно. Задача заключается в том, чтобы, подстраивая правые струны *ре*¹ и *ля*, добиться одновременного выполнения требования равенства биений в кварте и квинте при одновременном отсутствии биений в октаве *ля* — *ля*¹. Нелишним будет еще раз убедиться также в правильности настройки правой струны

$ля^1$ в унисон с камертоном. После достижения указанных требований получим правильно темперированную кварту и квинту и точно настроенную октаву, то есть точно настроим тона $ля$, $ре^1$ и $ля^1$.

Переходим к настройке тона $ми^1$:

— заглушаем левые струны $ля$, $ми^1$ и $ля^1$ и ставим ключ на вирбель правой струны $ми^1$;

— ударяем одновременно по клавишам $ля$ и $ми^1$, подтягиваем струну (правую) $ми^1$ и контролируем изменение биений в квинте $ля — ми^1$. Повторяем данную последовательность и настраиваем квинту сначала чисто, без биений. При перетягивании — опускаем струну;

— темперируем чистую квинту: ударяем по клавишам $ля$ и $ми^1$ и легко нажимаем на рукоятку ключа влево — вниз до появления чуть меньше одного биения в секунду (точно 0,74 б/с) или одного биения за 1,35 с. Мы сузили квинту понижением верхнего звука интервала. В других квинтах может оказаться необходимым сужение квинты осуществлять повышением нижнего звука. Конечное требование одинаково — около одного биения в с для квинт области темперирования. Не надо смущаться, что на слух требуемое число биений в данной квинте получить можно лишь приближенно. Сейчас этого будет достаточно.

Потом, при дальнейшем темперировании интервалов появятся и контрольные интервалы, которые помогут точнее установить настройку $ми^1$. На данном этапе уже имеется возможность контроля, которым, правда, без опыта трудно воспользоваться: необходимо сравнить частоту биений в квинте $ля — ми^1$ (0,74 б/с) с частотой биений в кварте $ми^1 — ля^1$ (1,49 б/с). Видно, что в верхней кварте частота биений в два раза больше, чем в нижней квинте. Но и без особого опыта такое сравнение позволит избежать слишком грубой ошибки.

При настройке интервалов квинт и кварт ориентируются на нижние биения, они должны иметь требуемое число биений в с (т. е. примерно 1 и 1,4 б/с для области темперирования). Однако с приближением к диапазону 0 — 1 б/с биения становятся трудноуловимыми (по крайней мере, для начинающего), и тут помогает слуховая опора на высокочастотные биения, лежащие на октаву выше основных биений. Поэтому, настраивая квинту или кварту, обращают внимание и на основные, и на октавные биения. Последние более слабые, но, как ни парадоксально, они становятся более заметными, когда основные биения становятся редкими. Необходимо только помнить, что октавные биения (высокочастотные «звучки») имеют частоту в два раза большую по сравнению с основными биениями.

Таким образом, оставляя в области темперирования в квинтах примерно по два, а в квартах по три высокочастотных биения в с, мы получим правильно темперированные интервалы.

Характер биений, тембр звука одинаков и в сторону сужения, и в сторону расширения квинты и кварты. Поэтому, добываясь редких единичных биений вблизи нулевой зоны, можно ошибиться

и попасть в неправильную зону (сужения вместо расширения, и наоборот). То есть нулевые биения при настройке квинт и кварт легко проскочить, что обрекает на неудачу всю дальнейшую настройку. Так, настраивая нижнюю кварту и верхнюю квинту по общему звуку *re*¹ (с нижним *ля* и с верхним *ля*¹), можно сделать ошибку, темперируя интервалы в неправильную сторону. Например, получить суженную нижнюю кварту и расширенную верхнюю квинту. При этом можно достичь такого же тембра с одним биением в с, который есть и у правильно темпированных интервалов. Однако использование сужения кварты вместо расширения и расширения квинты вместо ее сужения приводит к непригодному результату настройки квинто-квартового круга. Этой ошибки надо старательно избегать.

Но как быть, если вдруг потеряна уверенность в правильном направлении темпирования интервалов? Самый простой прием — начать настройку интервала сначала, то есть резко понизить настраиваемую струну и осторожно подтягивать ее, следя за наступлением момента сужения (расширения). Данный прием не самый хороший — тратится впустую время, излишне расшатывается гнездо вирбеля.

Целесообразен следующий прием определения направления темпирования интервала. Допустим, настраивается квинта и в ее звучании слышно одно биение в секунду, но нет уверенности в том, сужена эта квинта или расширена? Допустим также, что корректировку интервала мы делаем с помощью нижнего звука. Тогда мы, не вращая вирбеля, осторожно нажимаем на рукоятку ключа от себя вверх и заставляем вирбель чуть изогнуться вверх. Ударяем по клавишам интервала и вслушиваемся в изменение частоты биений. Если биения стали чаще, чем было, то значит, квинта была правильно сужена. В противном случае уменьшение биений выявит неправильность темпирования квинты — ее расширение.

После снятия давления на вирбель последний возвращается в свое первоначальное положение, квинта снова будет с тем же количеством биений, и если настройка перед проверкой была правильной, то мы избавимся от необходимости повторного выполнения операции (потребуется, может быть, только уточнение на требуемое число биений). Если вирбель перед данной проверкой уже был слегка отклонен вверх, то проверку делают противоположным давлением на рукоятку — к себе вниз. Уменьшение числа биений в квинте (при нижнем корректируемом звуке) также выявит правильность направления темпирования квинты. При увеличении числа биений — неправильное начальное расширение квинты. Все изгибы вирбеля должны быть очень легкими.

В таблице на с. 180 дана подробно дальнейшая последовательность настройки тонов области темпирования и целесообразные для проверки контрольные интервалы.

План настройки области темперирования

Номер шага настройки*	Обозначение тонов**	Интервал***	Число биений в секунду****	
			биения основные	октавные биения (квинт и кварт)
1	ля ¹ — ля	октава	0,0	
2	ля ¹ — ре ¹	квинта —	1,0]	2,0]
	ля ¹ — ре ¹	кварта +	1,0]	2,0]
3	ре ¹ — соль ¹	кварта +	1,3	2,6
4	соль ¹ — до ¹	квинта —	0,9	1,8
	ля ¹ — до ¹	м. терция —	11,9]	
	до ¹ — ля ¹	б. секста +	11,9]	
	до ¹ — соль ¹	квинта —	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квинта —	1,0]	2,0]
5	до ¹ — фа ¹	кварта +	1,2]	2,4]
	ре ¹ — соль ¹	кварта +	1,3]	2,6]
	до ¹ — ля ¹	б. секста +	11,9]	
	фа ¹ — ля ¹	б. терция +	13,9]	
6	фа ¹ — си-бемоль	квинта —	0,8]	1,6]
	до ¹ — соль ¹	квинта —	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квинта —	1,0]	2,0]
	си-бемоль — соль ¹	б. секста +	10,6]	
	ля ¹ — до ¹	м. терция —	11,9]	
7	си-бемоль —			
	ми-бемоль ¹	кварта +	1,1]	2,2]
	до ¹ — фа ¹	кварта +	1,2]	2,4]
	ре ¹ — соль ¹	кварта +	1,3]	2,6]
8	ля ¹ — ми ¹	квинта —	0,7]	1,5]
	си-бемоль ¹ — фа ¹	квинта —	0,8]	1,6]
	ре ¹ — соль ¹	кварта +	1,3]	2,6]
	ля ¹ — ми ¹	кварта +	1,5]	3,0]
	до ¹ — ми ¹	б. терция +	10,4]	
	си-бемоль — соль ¹	б. секста +	10,6]	
9	ми ¹ — си	кварта +	1,1]	2,2]
	до ¹ — фа ¹	кварта +	1,2]	2,4]
	ре ¹ — соль ¹	кварта +	1,3]	2,6]
	си — ми-бемоль ¹	б. терция +	9,8]	
	до ¹ — ми ¹	б. терция +	10,4]	
10	си — фа-диез ¹	квинта —	0,8]	1,6]
	до ¹ — соль ¹	квинта —	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квинта —	1,0]	2,0]
	си-бемоль — фа ¹	квинта —	<0,8]	<1,6]
	си — фа-диез ¹	квинта —	>0,8]	>1,6]
	ля ¹ — фа-диез ¹	б. секста +	10,0]	
	си-бемоль — соль ¹	б. секста +	10,6]	
11	фа-диез ¹ —			
	до-диез ¹	кварта +	1,2]	2,4]

* Здесь и в следующей таблице интервалы, не отмеченные номером шага настройки, являются контрольными.

** Первым указан опорный тон, вторым — настраиваемый тон.

*** В равномерной темперации сужены: квинты, малые терции и малые сексты; расширены: кварты, большие терции и большие сексты;

**** Частота биений дана с округлением до 0,1. Скобка обозначает попарное сравнение биений интервалов.

Номер шага настройки*	Обозначение тонов**	Интервал***	Число биений в секунду****	
12	ре ¹ — соль ¹	кварта+	1,3]	2,6]
	до ¹ — фа ¹	кварта+	<1,2]	<2,4]
	до-диез ¹ — фа-диез ¹	кварта+	>1,2]	>2,4]
	ля — до-диез ¹	б. терция+	8,7]	
	си-бемоль — ре ¹	б. терция+	9,2]	
	ля — до-диез ¹	б. терция+	8,7]	
	до-диез ¹ — фа ¹	б. терция+	11,0]	
	фа ¹ — ля ¹	б. терция+	13,9]	
	до-диез ¹ — соль-диез ¹	квинта—	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квинта—	1,0]	2,0]
	до ¹ — соль ¹	квинта—	<0,9]	<1,8]
	до-диез ¹ — соль-диез ¹	квинта—	>0,9]	>1,8]
13	ми ¹ — соль-диез ¹	б. терция+	13,1]	
	фа ¹ — ля ¹	б. терция+	13,9]	
	си-бемоль — соль ¹	б. секста+	10,6]	
	си — соль-диез ¹	б. секста+	11,2]	
	до ¹ — ля ¹	б. секста+	11,9]	
	до-диез ¹ — фа ¹	б. терция+	11,0]	
	си — соль-диез ¹	б. секста+	11,2]	
	соль-диез ¹ — ре-диез ¹	кварта+	1,4]	2,8]
	ми ¹ — ля ¹	кварта+	1,5]	3,0]
	ре ¹ — соль ¹	кварта+	1,3]	2,6]
	ре-диез ¹ — соль-диез ¹	кварта+	1,4]	2,8]
	си-бемоль ¹ — ре ¹	б. терция+	9,2]	
	си — ре-диез ¹	б. терция+	9,8]	
	до ¹ — ми ¹	б. терция+	10,4]	
	си — ре-диез ¹	б. терция+	9,8]	
	ля — фа-диез ¹	б. секста+	10,0]	

**Вариант начала настройки области
темперирования**

Номер шага настройки	Обозначение тонов	Интервал	Число биений в секунду	
			основные биения	октавные биения (квинт и кварт)
1	ля ¹ — ля	октава	0,0	
2	ля ¹ — ре ¹	квинта—	1,0]	2,0]
3	ля ¹ — ре ¹	кварта+	1,0]	2,0]
	ля ¹ — до ¹	б. секста+	11,9]	
	ля ¹ — до ¹	м. терция—	11,9]	

Помер шага настрой- ки*	Обозначение тонов**	Интервал***	Число биений в секунду****	
			биения основные	октавные биения (квint и кварт)
4	до ¹ — соль ¹	квintа —	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квintа —	1,0]	2,0]
	ре ¹ — соль ¹	квартa +	1,3]	2,6]
5	до ¹ — фа ¹	квартa +	1,2]	2,4]
	ре ¹ — соль ¹	квартa +	1,3]	2,6]
6	фа ¹ — си-бемоль ¹	квintа —	0,8]	1,6]
	до ¹ — соль ¹	квintа —	0,9]	1,8]
	ре ¹ — ля ¹	квintа —	1,0]	2,0]
7	си-бемоль — ми-бемоль ¹ (лев. стр.)	квартa +	1,1]	2,2]
	до ¹ — фа ¹	квартa +	1,2]	2,4]
	ре ¹ — соль ¹	квартa +	1,3]	2,6]

В идеальном случае последний настраиваемый в круг интервал должен получиться с правильным числом биений без корректировки. Если так получилось, то это будет сильным основанием для утверждения о правильности выполнения темперации. Но, как правило, после первого прохода квинто-квартовый круг оказывается незамкнутым. Попадание в «десятку» с первого раза достигают только долгой практикой.

Уточняя настройку интервалов повторным прохождением квинто-квартового круга с двух концов, то есть делая половину ходов планом на повышение, а половину ходов планом на понижение, мы придем к хору *ми-бемоль*¹ с двух сторон:



В случае несовпадения настройки унисона *ми-бемоль*¹ (*редиез*¹) для левой и правой струн, настраивают среднюю струну данного хора так, чтобы она давала одинаковое число биений с крайними струнами. Затем по средней струне выстраивают точно в унисон весь хор *ми-бемоль*¹. Теперь необходимо обратными ходами по планам на повышение и на понижение разогнать ошибку настройки по оставшимся интервалам, закончив настройку на тонах октавы *ля* — *ля*¹:





При аккуратной корректировке интервалов накопленная ошибка должна быть разогнана к тонам *ля*. Если же малая ошибка останется и в октаве *ля* — *ля*¹, то можно попробовать скорректировать и высоту этой октавы, при том условии, что будет соблюдаться требование равенства чисел биений в парах интервалов: нижняя кварта *ля* — *ре*¹ — верхняя квинта *ре*¹ — *ля*¹ и в паре нижняя малая терция *ля* — *до*¹ — верхняя большая секста *до*¹ — *ре*¹. Корректировку высоты октавы *ля* — *ля*¹ можно допустить, учитывая менее жесткое требование к точности установки высоты строя инструмента в пределах $440 \pm 0,5$ Гц.

После настройки по одной струне хоров необходимо к ним подстроить остальные унисонные струны хоров. Если хоры настроены точно, то проверка звучания параллельными контрольными интервалами будет очень легкой; биения слышны очень четко, ясно, их нетрудно сравнить между собой. Но если в интервалах биения плохо прослушиваются, нечетки, то это признак того, что либо унисон, либо контрольные интервалы настроены не точно.

Проигрыванием последовательностей одноименных интервалов, например квинт и кварт, выявляют нерегулярности и сглаживают их. Для ориентировки приведем значения биений в контрольных интервалах.

Сравним восходящие интервалы:

квинты — 0,75, 0,79, 0,83, 0,89, 0,94, 1,00;

кварты — 8,73, 9,25, 9,79, 10,38, 11,00, 11,66, 12,35, 13,08, 13,86;

б. сексты — 9,98, 10,58, 11,21, 11,87;

м. терции — 11,87, 12,58, 13,32, 14,12, 14,96, 15,84, 16,79, 17,78, 18,85, 19,96.

Последовательности интервалов с указанными значениями биений позволяют легко обнаруживать нерегулярности в равномерном увеличении или уменьшении частоты биений. Это сравнение восходящих или нисходящих интервалов является самым лучшим тестом правильности выполнения всей работы.



Необходимо запомнить на слух также тембр правильно настроенных интервалов: чистого унисона, октавы, темперированных квинт, кварт, терций и секст. Это позволит сократить время при первой черновой настройке струн. Для точной настройки нужно контролировать и характер тембра и биения.

Одной из грубых ошибок начинающего настройщика является неправильная установка зоны биений тех или иных интервалов. А в этом случае квинто-квартовый круг никогда не сойдется. Поэтому начиная настраивать тон каким-либо интервалом, необходимо убедиться в правильности зоны биений, то есть выбора направления темперирования — сужения или расширения интервала. Нужно помнить: для расширения интервалов (кварт, больших терций и секст) расширение интервала увеличивает частоту биений, сужение — уменьшает ее. Для суженных интервалов (квинт, малых терций и секст) сужение интервалов увеличивает частоту биений, расширение интервала — уменьшает ее. Эти закономерности настройщик должен очень четко представлять, особенно если в процессе настройки используются другие, помимо квинты и кварты, интервалы.

Зона нулевых биений терций и секст находится достаточно далеко, и меньше вероятность попадания в неправильную зону. Если же зона темперирования терций и секст была установлена неправильно, то это легко обнаружить по резкому нарушению норм биений в других контрольных интервалах. Надо запомнить журчащий характер биений этих интервалов. Выравнивание биений и тембра в паре сопоставляемой малой терции и большой сексты позволяет точно вести настройку тонов.

Вслушиваясь в изменение биений в терциях и секстах, надо очень тонко оперировать настроечным ключом, почти без вращения ручки. Даже при медленных смещениях вирбеля здесь происходят большие изменения в количестве биений. Тут надо быть очень внимательным, чтобы не проскочить нужную область частоты биений и не отойти далеко от нужной ширины темперированного интервала. Отметим также важность для цели контроля области темперирования и раннего выявления ошибок такого мощного средства, как настройка круга больших терций.

Необходимо достаточно много тренироваться в разбиении октавы области темперирования на три больших терции: *ля — до-диез¹*, *до-диез¹ — фа¹*, *фа¹ — ля¹*. Если при этом частоты биений в этих терциях в восходящей последовательности будут немного возрастать, то можно быть уверенным в правильной установке высоты этих тонов (с учетом правильности настройки октавы *ля — ля¹*). После овладения настройкой круга больших терций следует перейти к освоению и круга малых терций: *ля — до¹*, *до¹ — ми-бемоль¹*, *ми-бемоль¹ — соль-бемоль¹*, *соль-бемоль¹ — ля¹*. Чем раньше будет освоена настройка черновых интервалов, тем увереннее, точнее и быстрее будет осуществляться настройка всей области темперирования.

Операция: настройка октав нижнего и верхнего регистров.

Последовательность настройки:

— настраиваем правую струну хора *ля-бемоль* в октаву по струнам хора *ля-бемоль*¹;

— настраиваем унисон струн хора *ля-бемоль*.

В той же последовательности по хроматической гамме настраиваем струны хоров нижнего регистра: *соль*, *соль-бемоль*, *фа*, *ми* и т. д. до *Ля*₂, затем струны хоров верхнего регистра: *ля-диез*¹, *си*¹, *до*², *до-диез*² и т. д. до *с*⁵. Настройка крайних регистров — не просто октавное разнесение области темперирования вниз и вверх. Фактически это продолжение темперирования всего остального звукоряда. Настройка октав начинается установлением нулевой зоны интервала, и чистовую доводку ведут парами интервалов: нижняя кварта — верхняя квинта и малая терция — большая секста, добиваясь одинаковости тембра звучания нижнего и верхнего интервалов, равенства в них чисел биений. С достижением тона *Фа* для проверки можно подключить и проверку интервалов, взятых с одним нижним звуком у большой терции и большой децимы. Пока у начинающего нет большого опыта, рекомендуется во всех хорах при настройке октавы оставлять по одной струне, чтобы возможная расстройка остальных струн хора не затрудняла точную установку интервала.

Контроль парами нижняя кварта — верхняя квинта и нижняя малая терция — верхняя большая секста целесообразен потому, что он помогает уточнять уже настроенные ранее тона в средней части настраиваемой октавы.

Настроив одну струну хора в октаве, необходимо убедиться в том, что биения в последовательностях одноименных интервалов (больших и малых терциях, децимах) на два-три шага вверх идентичны, то есть нет резкой непоследовательности в частоте биений соседних интервалов, нет скачкообразного изменения тембра в них. После этого в унисон подстраивают остальные струны хора.

Когда настраиваются унисон со струной, которая сама по себе дает заметные биения, то внимание подключается для контроля биений в начальный момент звучания, на максимальной громкости.

Слуховой контроль биений должен сознательно переключаться, когда нужно, на слушание начального момента звучания и на слушание биений в затухающей стадии звучания. Характер биений нередко не совпадает у начальной и затухающей стадии колебаний. Слышимость биений в контрольных интервалах различна по диапазону. Так, в большой и малой октавах хорошо прослушиваются биения в последовательностях малых терций, что может быть использовано в качестве контрольного теста правильности настройки.

В большой и контроктавах лучшими контрольными интервалами являются большие децимы, малые децимы, взятые в последовательности. В контроктаве и субконтроктаве хорошо слышны биения в терцдецимах, и их последовательности также могут быть использованы для проверки точности настройки октав в указанном участке диапазона.

В верхнем дисканте лучше использовать другой тест — пару интервалов большая терция и большая децима, построенных от од-

ного и того же нижнего тона. Например, *фа* — *ля* и *фа* — *ля*¹. Этот тест пригоден также для нижних октав басового регистра, начиная с *Ля*₂. Он является удобным и точным средством контроля низких октав, так как позволяет избежать трудного процесса установки нулевых биений.

Настройке струн самой нижней октавы необходимо уделить много внимания и терпения, проделать много упражнений для приобретения навыков и способностей настройки низких звуков. Ведь даже отклонение высоты струны *ля* субконтроктавы на интервал секунды плохо замечается нетренированным слухом.

В самых последних верхних двух октавах длительность звучания струн слишком коротка и сравнение биений становится трудным делом. Здесь могут быть рекомендованы, как уже указывалось, пара интервалов — большая терция и большая децима, а также контроль двойными октавами.

В басовом регистре при настройке унисонов и октав струны с большим количеством обертонов дают большее количество слышимых высокочастотных биений, и если устранять самые высокочастотные биения, то становятся хорошо заметными нижние, основные биения, особенно при настройке октав. То есть не удастся избавиться либо от одних, либо от других биений в октаве. В этом случае ориентируются на достижение в октаве минимально редких, самых заметных по громкости биений, стараются свести к минимуму общий суммарный эффект биений.

Наиболее правильный ориентир при настройке октав басового регистра — достижение полного, глубокого, сочного тембра октавы, ощущения своеобразного «рычания» октавы.

В среднем регистре мало вероятен, но в верхнем регистре всегда может наблюдаться случай, когда сама отдельная струна дает биения. Поэтому в верхнем регистре не всегда удастся идеально настроить унисон (в том числе и по другим причинам).

Когда одна струна в хоре звучит фальшиво, с биениями, то целесообразно сначала настроить другую струну и потом подстроить к ней фальшивую, стараясь в совместном звучании хора замаскировать фальшивость звучания. Конечно, когда этого не удастся сделать, а требования музыканта высокие, остается один путь — замены негодной струны на новую.

В реальной настройке идеально настроенных унисонов во всем диапазоне достичь трудно, а по музыкальным соображениям и не до конца целесообразно. На начальном этапе овладения настройкой к этому надо стремиться, но в конечном счете это дело квалификации настройщика и в некоторой степени индивидуального представления о качестве музыкального звука. Конечно, и качество изготовления самого инструмента ставит определенные ограничения. В хорошем инструменте легче достичь точной настройки унисонов, меньше встречается струн с биениями или посторонними призвуками.

В верхнем регистре, примерно последние две октавы, в целях подчеркивания верхних звуков октав возможно допустить незначи-

тельное их завышение (конечно, в пределах художественной музыкальной целесообразности). В этом случае квинты и кварты приблизятся к чистым, нетемперированным интервалам. Но тут, конечно, нужно соблюдать меру.

Что же касается качества первой настройки, то заметим одно: точность, уверенность и скорость настройки будут повышаться с каждым очередным самостоятельно настроенным инструментом. Оттачивать навыки настройки в дальнейшем будет его величество Опыт. Отберутся свои любимые планы настройки и контроля, проявится свой творческий почерк.

Даже опытный настройщик, если у него был перерыв в практике, должен в течение некоторого времени настраивать инструменты для восстановления навыков или, так сказать, своей «формы». Поэтому ничего удивительного не будет, если музыканту, настроившему свой инструмент несколько месяцев назад, придется как бы заново учиться настраивать. О такой потере квалификации необходимо знать и учитывать ее возвращение после новой серии настроек инструмента. В процессе упражнений постепенно обостряется чувствительность слуха и повышается способность точной настройки струн. Как и в музыке, в спорте, в настройке необходимо поддерживать форму периодической и по возможности частой тренировкой.

Помните:

Неработающий настроенный ключ ржавеет! — в прямом и переносном смысле.

Таблица частот звуков равномерно-темперированного строя, Гц

Наименование октавы	Название ноты					
	до	до-диез	ре	ре-диез	ми	фа
Субконтроктава	16,35159	17,32391	18,35404	19,44543	20,60172	21,82676
Контроктава	32,70318	34,64782	36,70809	38,89086	41,20344	43,65352
Большая	65,40637	69,29564	73,41618	77,78173	82,40688	87,30705
Малая	130,81275	138,59129	146,83236	155,56347	164,81376	174,61410
Первая	261,62551	277,18258	293,66472	311,12694	329,62752	349,22820
Вторая	523,25102	554,36516	587,32944	622,25388	659,25504	698,45640
Третья	1046,50204	1108,73032	1174,65888	1244,50776	1318,51008	1396,91280
Четвертая	2093,00408	2217,46064	2349,31776	2489,01552	2637,02016	2793,82560
Пятая	4186,00816	4434,92128	4698,63552	4978,03104	5274,04032	5587,65120

Наименование октавы	Название ноты					
	фа-диез	соль	соль-диез	ля	ля-диез	си
Субконтроктава	23,12465	24,49971	25,95654	27,50000	29,13523	30,86770
Контроктава	46,24930	48,99942	51,91308	55,00000	58,27047	61,73541
Большая	92,49860	97,99855	103,82617	110,00000	116,54094	123,47082
Малая	184,99720	195,99771	207,65234	220,00000	233,08188	246,94165
Первая	369,99440	391,99542	415,30469	440,00000	466,16376	493,88330
Вторая	739,98880	783,99084	830,60938	880,00000	932,32752	987,76660
Третья	1479,97760	1567,98168	1661,21876	1760,00000	1864,65504	1975,53320
Четвертая	2959,95520	3135,96336	3322,43752	3520,00000	3729,31008	3951,06640
Пятая	5919,91040	6271,92672	6644,87504	7040,00000	7458,62016	7902,13280