

Л.Г.КУРОЧКИН,
Н.В.БУРДИНА

И Н А С Т Р О Й К А Ф О Р Т Е П И А Н О



Издательство "Композитор - Санкт-Петербург"

В пособии рассматриваются практические приемы настройки фортепиано по биениям в терциях и секстах. Доказываются преимущества нового метода настройки над прежней кварто-квинтовой настройкой. Фортепиано, настроенное по новому методу, имеет особое певучее звучание. Этот метод опробован и проверен многолетним опытом работы. Он прост и потому доступен как начинающему настройщику, так и опытному мастеру, работающему еще по старому кварто-квинтовому методу.

В пособии приводятся некоторые сведения из музыкальной акустики, знание которых необходимо для точной настройки интервалов. Даны подробные сведения о биениях в интервалах; приведены примеры подсчета биений. Значительное место уделено оригинальным способам контроля настройки.

Компьютерный набор С. И. Курочкина

Предисловие

Вопросы настройки фортепиано освещались во многих книгах, брошюрах и журнальных статьях, выходящих в России в разное время, например:

Аллон С. М., Фадеев И. Г. Ремонт роялей и пианино. М.: Легкая индустрия, 1968; 2-е изд. — 1973.

Бернард М. Искусство настраивать фортепиано. СПб., 1848.

Богиню Г. К. Современная настройка фортепиано // Музыкальное искусство и наука. М., 1970.

Выборгский Н. Как настраивать фортепиано // Музыкальная жизнь, 1982.

Дьяконов Н. А. Рояли и пианино. М.: Лесная промышленность, 1964.

Зимин П. Н. Фортепиано в его прошлом и настоящем. М.: Музгиз, 1934; 2-е изд. — 1968.

Космач Э. Как настраивать фортепиано // Музыкальная жизнь, 1966.

Порвенков В. Г. Настройка музыкальных инструментов. М.: Музыка, 1977.

Порвенков В. Г. Акустика и настройка музыкальных инструментов. М.: Музыка, 1990.

Пронин Е. Я. Практика по настройке фортепиано: Программа для музыкальных училищ. Муз. училище при Московской гос. консерватории им. П. И. Чайковского. 1987.

Снитко-Сорочинский Л. К. Настройка и ремонт фортепиано. М.: Музыка, 1974.

Во всех этих источниках настройку фортепиано рекомендуется проводить по октавам, квинтам и квартам с проверкой другими интервалами, трезвучиями и аккордами. Наиболее обоснованно, подробно и научно материал излагается в указанных книгах В. Г. Порвенкова, удачно сочетающего в себе знания ученого-акустика и опыт мастера-настройщика. В своих книгах автор впервые в России подвергает критике кварто-квинтовую настройку и утверждает, что этот метод настройки нуждается в усовершенствовании. По его мнению, хотя фортепиано и легко настраивать по октавам, квинтам и квартам, но качество настройки при этом оставляет желать много лучшего; такую настройку можно принять как приближенную, начальную, но не как окончательную.

Критика оказалась своевременной. Настройщики, откликнувшиеся на нее, разделились на две группы. Одни стали искать способы усовершенствования кварто-квинтовой настройки; другие занялись поисками новых методов настройки. В 1986 году авторы предлагаемого пособия нашли свой, принципиально новый метод настройки фортепиано по биениям в терциях и секстах. Мы стали опробовать его на практике. Практика показала, что инструменты, настроенные по нашему методу, т. е. по биениям в терциях и секстах, приобретают небывалое одухотворенное певучее звучание, сравнимое или с голосом певца, или с голосом вибрирующей скрипки и виолончели. О таком звучании инструмента стали говорить: "рояль поет". Теперь это является высшей оценкой качества настройки инструмента.

Превосходное качество настройки, легкость и доступность нашего метода оценили настройщики, и потому метод продолжает распространяться и утверждаться. Ни одного настройщика этот метод не оставляет равнодушным и незаинтересованным.

Настройка нижнего и верхнего регистров по нашему методу идет в основном так же, как и в других существующих методах и школах.

Предлагаемое пособие будет необходимо и очень полезно начинающему настройщику-любителю, у которого нет постоянного мастера-наставника. При этом настройщик должен иметь хотя бы минимальное музыкальное образование.

Считаем, что материал этого пособия окажет помощь и преподавателям, готовящим будущих настройщиков.

Многое из этого пособия будет полезно и уже опытным настройщикам, до сих пор работающим только по квинтам и квартам, если, конечно, они сумеют перебороть свое сопротивление всякому новшеству, найдут в себе мужество и любопытство подробно познакомиться с пособием и потом несколько раз выполнят настройку фортепиано по-новому, — тогда им сразу станет ясно, в чем преимущество нашего метода.

Авторы осознают, конечно, что многие вопросы, возникающие в практике настройки, остались не затронутыми в пособии. Цель данного пособия состоит не в том, чтобы осветить весь большой опыт работы настройщиков разных школ и направлений. Цель совсем в другом: доказать, что пора, давно уже пора переходить от настройки фортепиано по квинтам и квартам к более качественной, прогрессивной настройке по биениям в терциях и секстах. Наш многолетний опыт убедил нас в этом, и мы хотим поделиться своими знаниями с самым широким кругом настройщиков и музыкантов.

НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

О СПЕКТРЕ МУЗЫКАЛЬНОГО ЗВУКА

Каждый музыкальный звук образуется из сложных колебаний и представляет собой не один простой тон, а сочетание многих различных по высоте тонов, возникающих потому, что источник колебаний (в нашем случае это струна) колеблется не только всей своей длиной, но одновременно колеблются также и его части: $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ и т. д.

Струна, колеблющаяся целиком, всей длиной, образует основную частоту колебаний, т. е. основной тон; это наиболее слышимый звук, кажущийся единственным.

Указанные части длины струны $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ и т. д. возбуждают более высокие частоты колебаний, соответственно в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз выше основного тона (см. таблицу 1). В этом суть закона звучания целой струны и ее отдельных частей. При этом высокие частоты колебаний струны слышны намного слабее, чем основная частота колебаний целой струны.

В результате таких сложных колебаний струны возникает спектр звука сложного состава. Все составные части сложного звука называются обертонами или гармониками (Γ).

Гармоники имеют свои номера: $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_{14}, \Gamma_{15}, \Gamma_{16}$. Γ_1 — это звук целой струны, Γ_2 — это звук каждой половины струны, Γ_3 — каждой третьей части струны, Γ_4 — каждой четверти и т. д. Чем больше номер у гармоники, тем выше ее звук. Фактически номер гармоники показывает, во сколько раз частота колебаний данной части струны больше частоты колебаний целой струны.

Группа гармоник $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_8, \Gamma_{16}$ — это октавные гармоники с удваивающимися числами колебаний (см. таблицу 1). Γ_8 , например, звучит на октаву выше, чем Γ_4 , на две октавы выше, чем Γ_2 , и на три октавы выше, чем Γ_1 .

Кроме указанных октавных гармоник есть и другие, например: Γ_3, Γ_6 и Γ_{12} ; Γ_5 и Γ_{10} ; Γ_7 и Γ_{14} .

В одной-единственной струне нет одинаковых по высоте гармоник, но у двух струн, образующих какой-нибудь интервал, совпадающие по высоте гармоники могут быть.

Задачей первой части данного пособия является, во-первых, научить находить и распознавать совпадающие гармоники в разных струнах и, во-вторых, объяснить, как надо пользоваться совпадающими гармониками.

О ТАБЛИЦЕ 1 РАСПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИК

Таблица 1 дает представление о едином и общем порядке образования, чередования и расположения гармоник в звучащей струне. Порядок этот указан и закреплен теми интервалами, по которым располагаются соседние гармоники (см. столбец 3). По этим интервалам и определяются наименования соседних гармоник (см. столбец 2).

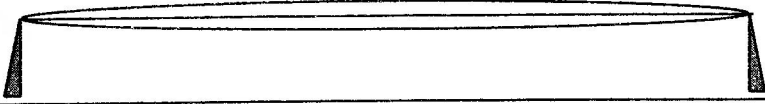
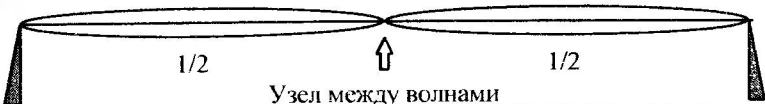
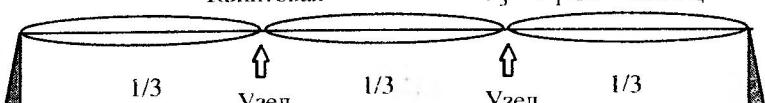
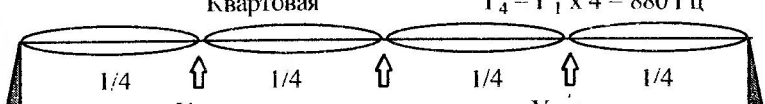
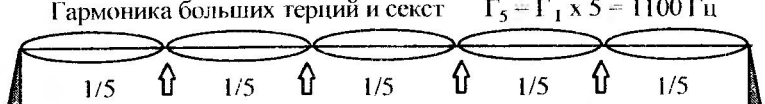
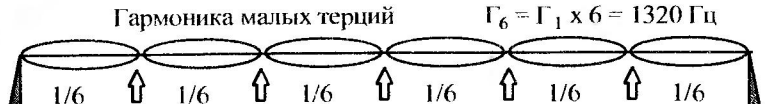

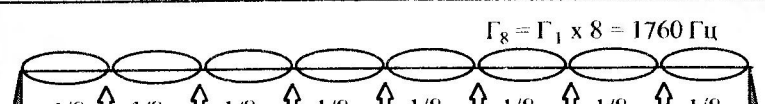
Для наглядности таблица 1 составлена для звука *ля* малой октавы с частотой колебаний 220 Гц (частоту колебаний в секунду принято выражать в герцах, Гц).

Таблицу 1 следует рассматривать как типовой образец, в котором желательно подробно разобраться. По образцу таблицы 1 можно построить гармоники для любого интересующего нас звука; для этого нужно поместить название этого звука в первую строку таблицы (вместо звука *ля*) и заполнять таблицу по указанному порядку.

Таблица 1 — это не справочная, а учебная таблица для идеальных гибких струн. Столбцы 1—4 характеризуют натуральный нетемперированный строй, в котором, как известно, звукоряд гаммы строится по частотам колебаний обертонов и их октавам. Значит, частоты колебаний в столбце 4 относятся и к гармоникам, и к звукам столбца 2. Например, для звука *ми*² (Γ_3) частота колебаний в натуральном строе равна 660 Гц, а в темперированном строе (см. столбец 5) 659,25 Гц. В столбце 6 показана разница +0,75 Гц. Конечно, из-за жесткости реальных струн в фортепиано величина этой разницы может изменяться, но не настолько, чтобы разница из плюсовой могла превратиться в минусовую; тогда квинту *ля* — *ми*¹ пришлось бы не сужать на 0,75 Гц, а расширять, но такого случая не бывает. Далее. Звук *до-диез*³ (Γ_5) имеет в столбце 6 разницу -8,73 Гц. Это значит, что при переходе от натурального строя к темперированному во всех октавах звуки до-диез будут повышаться, терции Γ_4 - Γ_5 и сексты Γ_3 - Γ_5 будут расширяться, а терции Γ_5 - Γ_6 сужаться.

В примерах на с. 8—10 таблицы расположения гармоник даны не в вертикальном, а в горизонтальном положении.

Таблица 1

Гармоники		Интервал	Наименование гармоник, их натуральные частоты	Стандартные частоты, Гц	
№	Звук			По Таб. 2, (см. Приложение)	Отклонение от Таб. 2
1	2	3	4	5	6
Γ_1	ля 220 Гц	Октава	Основной тон $\Gamma_1 = 220$ Гц 	220	Нет
Γ_2	ля ¹ 440 Гц		Квинта	Октавная $\Gamma_2 = \Gamma_1 \times 2 = 440$ Гц 	440
Γ_3	ми ² 660 Гц	Кварта		Квинтовая $\Gamma_3 = \Gamma_1 \times 3 = 660$ Гц 	659,25
Γ_4	ля ² 880 Гц		Б. терция	Квартовая $\Gamma_4 = \Gamma_1 \times 4 = 880$ Гц 	880
Γ_5	до-диез ³ 1100 Гц	М. терция		Гармоника больших терций и секст $\Gamma_5 = \Gamma_1 \times 5 = 1100$ Гц 	1108,73
Γ_6	ми ³ 1320 Гц		М. терция	Гармоника малых терций $\Gamma_6 = \Gamma_1 \times 6 = 1320$ Гц 	1318,51
Γ_7	соль ³ 1540 Гц	Б.секунда		$\Gamma_7 = \Gamma_1 \times 7 = 1540$ Гц 	1567,98
Γ_8	ля ³ 1760 Гц		Б.секунда	$\Gamma_8 = \Gamma_1 \times 8 = 1760$ Гц 	1760

Пояснения к таблице 1

Γ_1 — звучание целой струны; дает основной тон, $\Gamma_1 = 220$ Гц.

Γ_2 — октавная гармоника; звучит каждая половина струны, значит, $\Gamma_2 = \Gamma_1 \times 2 = 220 \times 2 = 440$ Гц. При настройке октав Γ_1 настраиваемой струны (верхней) и Γ_2 настроенной струны (нижней) становятся совпадающими (см. стр. 7, "Настройка октав"), т. е. имеют равные числа колебаний.

Γ_3 — квинтовая гармоника; звучит каждая треть струны, значит, $\Gamma_3 = \Gamma_1 \times 3 = 660$ Гц. При настройке квинт Γ_2 верхней струны и Γ_3 нижней струны становятся совпадающими: в квинте *ля* — *ми*¹ Γ_3 для струны *ля* это звук *ми*² (см. таблицу 1) и Γ_2 для струны *ми*¹ — тот же звук *ми*² (в таблице 1, составленной для верхней струны *ми*¹), т. е. звук *ми*² является общим и для Γ_2 и для Γ_3 .

Γ_4 — квартовая гармоника; звучит каждая четверть струны, значит, $\Gamma_4 = \Gamma_1 \times 4 = 880$ Гц. При настройке кварт Γ_3 верхней струны и Γ_4 нижней струны становятся совпадающими: в кварте *ля* — *ре*¹ Γ_4 для *ля* это звук *ля*² (см. таблицу 1) и Γ_3 в таблице, составленной для струны *ре*¹, тоже будет *ля*² (поэтому Γ_3 и Γ_4 и являются совпадающими).

Γ_5 — гармоника больших терций и больших секст; звучит каждая пятая часть струны, значит, $\Gamma_5 = \Gamma_1 \times 5 = 1100$ Гц. Γ_5 — это особая гармоника. Она может становиться совпадающей со следующими гармониками в таких интервалах:

большая терция, совпадают Γ_4 верхней струны и Γ_5 нижней струны (см. с. 8, пример 2);

большая терция через октаву, совпадают Γ_2 верхней струны и Γ_5 нижней струны (см. с. 9, пример 3);

большая терция через две октавы, совпадают Γ_1 верхней струны и Γ_5 нижней струны (см. с. 9, пример 4);

большая секста, совпадают Γ_3 верхней струны и Γ_5 нижней струны (см. с. 8, пример 1);

малая терция, совпадают Γ_5 верхней струны и Γ_6 нижней струны (см. с. 10, пример 5).

Γ_6 — гармоника малых терций; звучит каждая шестая часть струны, значит, $\Gamma_6 = \Gamma_1 \times 6 = 1320$ Гц. При настройке малых терций Γ_5 и Γ_6 — совпадающие гармониками (см. с. 10, пример 5).

Γ_7 , Γ_8 , Γ_9 и т. д. применяются редко.

В столбце 5 помещаются стандартные частоты колебаний для звуков из столбца 2.

В столбце 6 даны расхождения между колебаниями, показанными в 4-м и 5-м столбцах. Эти табличные отклонения при замене звука *ля* на какой-либо другой звук принципиально не исчезают и знаки (+) и (-) не изменяются.

О РАВНОМЕРНО-ТЕМПЕРИРОВАННОМ СТРОЕ

Долгое время в Европе существовал 7-ступенный Пифагоров строй, звукоряд которого был образован пятью ходами по квинтам вверх и одним квинтовым ходом вниз, например: *до* — *соль* — *ре*¹ — *ля*¹ — *ми*² — *си*² и *фа* — *до*. С развитием многоголосия стали добавлять еще квинтовые ходы вверх и вниз и получили 12-ступенный Пифагоров строй.

Но у Пифагорова строя оставался существенный недостаток: последняя, 12-я квинта в нем не совпадала по высоте с исходным первым звуком; она была выше его приблизительно на $\frac{1}{9}$ чистого тона. Строй не был замкнутым. Превышение в $\frac{1}{9}$ тона называлось коммой Пифагорова строя. Из-за наличия коммы Пифагоров строй не мог использоваться для энгармонических модуляций.

Настройка фортепиано была очень затруднена и никак не удовлетворяла музыкантов. Это обстоятельство заставило перейти к чистому строю, основанному на интервалах из натурального звукоряда. Но и в этом строе тоже были недостатки: некоторые энгармонические звуки не совпадали по высоте, например *до-диез* и *ре-бемоль*, *си-диез* и *до*.

В конце XVII — начале XVIII века Веркмайстер и Нейдхардт пришли к новой идее: распределить комму Пифагора между различными квинтами. Идея оправдала себя, и впоследствии Пифагорову комму стали делить поровну между всеми 12-ю квинтами. Строй стал замкнутым. Все чистые квинты уменьшились по сравнению с квинтами из натурального строя на $\frac{1}{12}$ Пифагоровой коммы. Настройка фортепиано заметно улучшилась.

Так шло приближение времени равномерной темперации. И вот уже около трехсот лет во всем мире существует единая система настройки фортепиано — это строй с равномерной темперацией.

Сущность темперации состоит в том, что в хроматической гамме каждый последующий звук имеет в i раз большее число колебаний, чем предыдущий звук, при этом $i = \sqrt[12]{2} = 1,05946309436$.

Поскольку частота колебаний ноты *ля*¹ по ГОСТу равна 440 Гц, то частоты остальных звуков вычисляются умножением или делением 440 Гц на коэффициент i . Например:

<i>соль</i> ¹	415,3047 Гц : 1,059463 = 391,9954 Гц;
<i>ля-бемоль</i> ¹	440 Гц : 1,059463 = 415,3047 Гц;
<i>ля</i> ¹	440 Гц;

ля-диез¹
си¹

440 Гц x 1,059463 = 466,1638 Гц;
446,1638 Гц x 1,059463 = 493,8833 Гц и т. д.

Так составлена Таблица 2 стандартных частот всех звуков фортепиано (см. Приложение 1 на с. 33, а также Приложение 3, п. 1, на с. 35).

Одним из первых музыкантов, кто приветствовал переход от натурального строя к темперированному, был И. С. Бах, сочинивший свой знаменитый "Хорошо темперированный клавир" в 24 тональностях (1722, 1744 гг.). С тех пор темперированный строй получил широкое распространение и признание.

О БИЕНИЯХ В ИНТЕРВАЛАХ

Биения — это периодическое усиление и ослабление громкости звука. Биения возникают при одновременном звучании двух звуков, близких по частоте колебаний.

В процессе настройки настройщику приходится иметь дело как с исчезающими биениями в интервалах (в унисонах и октавах), так и с остающимися (неисчезающими) биениями в интервалах (в квинтах, квинтах, терциях и секстах).

Частота биений в секунду выражается конкретным числом для каждого интервала.

С чем мы сталкиваемся при настройке двух струн в унисон или в октаву? Если, к примеру, одна струна настраивается в унисон с другой струной, имеющей $\Gamma_1 = 440$ Гц, и на какой-то момент настройки первая струна звучит только на 435 Гц, то в этот момент будут прослушиваться $440 - 435 = 5$ биений в секунду (будут слышны 5 пульсирований громкости звука в секунду). По мере дальнейшего повышения настраиваемой струны и приближения ее к унисону (436 Гц, 437 Гц, 438 Гц и т. д.) числа биений уменьшаются и становятся 4, 3, 2 и т. д.; и наконец при совпадении частот обеих струн — 440 и 440 Гц — биения исчезают совсем, при этом звучит точный унисон.

Та же картина наблюдается и при настройке октав. Только в этом случае добиваются унисона (т. е. исчезновения биений) не между основными тонами двух струн, а между октавной гармоникой Γ_2 настроенной струны (см. таблицу 1) и первой гармоникой Γ_1 настраиваемой струны (при настройке октавы вверх). Например, при настройке струны mi^2 по точной и проверенной струне mi^1 в некоторый момент появляются биения между совпадающими гармониками: Γ_2 от струны mi^1 и Γ_1 настраиваемой струны mi^2 . Поскольку струна mi^1 настроена точно, то у нее должны быть $\Gamma_1 = 329,63$ Гц и $\Gamma_2 = 329,63 \times 2 = 659,26$ Гц (в соответствии с таблицами 1 и 2). Поворотом ключа медленно подтягивают (поднимают) струну mi^2 и в то же время внимательно слушают уменьшающиеся числа биений: 7, 6, 5, 4 и т. д. между совпадающими гармониками Γ_2 (от mi^1) и Γ_1 (от mi^2). В тот момент, когда биения совсем исчезнут, наступит унисон. Октава настроена точно. $\Gamma_2^u = \Gamma_1^u = 659,26$ Гц. Если же в этот момент движение ключа не остановить, то биения снова появятся и число их будет теперь не уменьшаться, а увеличиваться: 1, 2, 3 и т. д. Придется ключом вернуться назад, снова прийти к нулю биений и не перетягивать больше струну.

При точно выполненной правильной настройке квинт, кварт, больших и малых терций и больших секст биения в них обязательно должны прослушиваться и не исчезать, пока инструмент хорошо настроен (о стабильности настройки см. с. 25).

По каким причинам возникают неисчезающие биения? Каковы основы их существования?

Переход от натурального строя к темперированному никак не отразился на законе звучания целой струны и ее частей; этот закон всегда будет действовать.

Все сказанное ранее о расположении гармоник (см. типовую табл. 1) всегда будет оставаться неизменным.

В звучании любого интервала участвуют две струны, каждая со своими гармониками (Γ).

Биения в интервале возникают между совпадающими (с общим звуком) гармониками (см. примеры на с. 8—10).

Все комбинации совпадающих гармоник в интервалах указаны в Пояснениях к таблице 1.

Рассматривая любую из этих комбинаций совпадающих гармоник, например Γ_5 для верхней струны и Γ_6 для нижней струны в малой терции, и имея перед собой две таблицы 1 для нижней и для верхней струны интервала, можно легко заметить следующее: несмотря на то, что название звуков Γ_5 и Γ_6 (по своим таблицам 1) одно и то же (например, на с. 10 это звук *до-диез³*), оказывается, что частоты (числа) колебаний у этих звуков не совпадают, т. е. в одной струне совпадающий тон звучит выше, чем этот же тон в другой струне. В примере на с. 10 *до-диез³* имеет как Γ_5 верхней струны 1100 Гц, а как Γ_6 нижней струны — 1109,98 Гц. Вот эта неизбежная разность чисел колебаний для одного и того же названия звука в обоих интервальных струнах ($N = 1100 - 1109,98 = -9,98$ Гц) и возбуждает постоянные (неисчезающие) биения в интервалах.

ПРИМЕРЫ ПОДСЧЕТА БИЕНИЙ

Рассмотрим на примерах, как определяются числа биений в некоторых интервалах.

Пример 1

Большая секста ля — фа-диез¹.

1. Строим гармоники в соответствии с табл. 1 для верхнего звука и в соответствии с табл. 1 для нижнего звука интервала.

Интервал	Гармоники				
	Г ₁ — осн. тон	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅
Большая секста	фа-диез ¹	фа-диез ²	до-диез ³		
ля — фа-диез ¹	ля	ля ¹	ми ²	ля ²	до-диез ³

2. Фиксируем совпадающие гармоники Г₃ и Г₅ (у обоих звуков до-диез³).

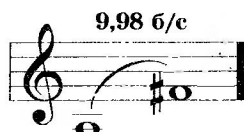
3. Определяем числа колебаний для Г₃ и Г₅ по табл. 2 (см. Приложение 1) и в соответствии с табл. 1: от фа-диез¹

$$Г_3 = Г_1 \times 3 = 369,994 \times 3 = 1109,98 \text{ Гц}$$

от ля малой октавы

$$Г_5 = Г_1 \times 5 = 220 \times 5 = 1100 \text{ Гц}$$

4. Число биений в интервале: $1109,98 - 1100 = 9,98 \text{ б/с}$



Пример 2

Большая терция Ля большой октавы — до-диез малой октавы.

1. Строим гармоники для до-диез и Ля в соответствии с двумя таблицами 1.

Интервал	Гармоники				
	Г ₁ — осн. тон	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅
Большая секста	до-диез	до-диез ¹	соль-диез ¹	до-диез ²	ми-диез ²
Ля — до-диез ¹	Ля	ля	ми ¹	ля ¹	до-диез ²

2. Фиксируем совпадающие гармоники Г₄ и Г₅ (по звуку до-диез²).

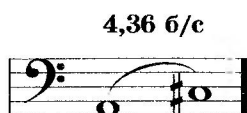
3. Определяем числа колебаний для Г₄ и Г₅ по табл. 2 и в соответствии с табл. 1:

от до-диез $Г_4 = Г_1 \times 4 = 138,591 \times 4 = 554,36 \text{ Гц}$

от Ля $Г_5 = Г_1 \times 5 = 110 \times 5 = 550 \text{ Гц}$

4. Число биений в интервале:

$$554,36 - 550 = 4,36 \text{ б/с}$$



Пример 3

Большая терция через октаву *Ля* большой октавы — *до-диез* 1-й октавы.

1. Строим гармоники для *до-диез*¹ и *Ля*.

Интервал	Гармоники				
	Г ₁ — осн. тон	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅
Б. терция через октаву	<i>до-диез</i> ¹	<i>до-диез</i> ²	<i>соль-диез</i> ²		
<i>Ля</i> — <i>до-диез</i> ¹	<i>Ля</i>	<i>ля</i>	<i>ми</i> ¹	<i>ля</i> ¹	<i>до-диез</i> ²

2. Фиксируем совпадающие гармоники Г₂ и Г₅ (по звуку *до-диез*²).

3. Определяем числа колебаний для Г₂ и Г₅ по табл. 2 и в соответствии с табл. 1:

от *до-диез*¹ Г₂ = Г₁ × 2 = 277,183 × 2 = 554,36 Гц

от *Ля* Г₅ = Г₁ × 5 = 110 × 5 = 550 Гц

4. Число биений в интервале:

554,36 – 550 = 4,36 б/с

(число такое же, как и в примере 2).



4,36 б/с

Пример 4

Большая терция через 2 октавы *Ля* большой октавы — *до-диез* 2-й октавы.

1. Строим гармоники для *до-диез*² и *Ля*.

Интервал	Гармоники				
	Г ₁ — осн. тон	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅
Б. терция через 2 октавы	<i>до-диез</i> ²				
<i>Ля</i> — <i>до-диез</i> ²	<i>Ля</i>	<i>ля</i>	<i>ми</i> ¹	<i>ля</i> ¹	<i>до-диез</i> ²

2. Фиксируем совпадающие гармоники Г₁ и Г₅ (по звуку *до-диез*²).

3. Определяем числа колебаний для Г₁ и Г₅ по табл. 2 и в соответствии с табл. 1:

от *до-диез*² Г₁ = 554,36 Гц

от *Ля* Г₅ = Г₁ × 5 = 110 × 5 = 550 Гц

4. Число биений в интервале:

554,36 – 550 = 4,36 б/с

(число такое же, как в примерах 2 и 3)



4,36 б/с

Этой особенностью больших терций пользуются при настройке фортепиано (см. с. 14 и 25).

Пример 5

Малая терция *фа-диез* малой октавы — *ля* малой октавы.

1. Строим гармоники для *ля* малой октавы и *фа-диез* малой октавы в соответствии с табл. 1.

Интервал	Гармоники					
	Γ_1 — осн. тон	Γ_2	Γ_3	Γ_4	Γ_5	Γ_6
Малая терция	<i>ля</i>	<i>ля</i> ¹	<i>ми</i> ²	<i>ля</i> ²	<i>до-диез</i> ³	<i>ми</i> ³
<i>фа-диез</i> — <i>ля</i>	<i>фа-диез</i>	<i>фа-диез</i> ¹	<i>до-диез</i> ²	<i>фа-диез</i> ²	<i>ля-диез</i> ²	<i>до-диез</i> ³

2. Фиксируем совпадающие гармоники Γ_5 и Γ_6 (по звуку *до-диез*³).

3. Определяем числа колебаний для Γ_5 и Γ_6 по табл. 2 и в соответствии с табл. 1:

от *ля* $\Gamma_5 = \Gamma_1 \times 5 = 220 \times 5 = 1100$ Гц

от *фа-диез* $\Gamma_6 = \Gamma_1 \times 6 = 184,997 \times 6 = 1109,98$ Гц

4. Число биений в интервале:

$$1100 - 1109,98 = -9,98 \text{ б/с, такое же, как в примере 1, только со знаком (-).}$$



-9,98 б/с

Этим свойством интервалов малой терции (внизу) и большой сексты (вверху) в пределах октавы настройщики часто пользуются (см. с. 14 и др.).

Задание

Читателю предлагается в учебных целях самому определить количество биений в интервалах квинты *ля* — *ми*¹ и кварты *ля* — *ре*¹ способом, указанным в вышеприведенных примерах. Если для кого-то задание окажется не по силам, то ответ можно найти в таблице 3 (см. Приложение 2).

Примечания

1. Сравнивая и обобщая примеры 1 и 5, можно сказать следующее. Если в каком-то случае требуется по точно настроенной октаве настраивать средний звук (в данных примерах это *ля* малой октавы) на основании равенства биений в малой терции и большой сексте, то мы не всегда с гарантией точно настроим этот звук. Почему? Потому, что равенство биений в данном случае — это условие необходимое, но совсем еще не достаточное. Если в примерах 1 и 5 считать, что настраивался бы средний звук *ля* малой октавы и он был бы настроен не на 220 Гц, а на 221 Гц, тогда в обоих примерах: $\Gamma_5 = \Gamma_1 \times 5 = 221 \times 5 = 1105$ Гц и числа биений были бы:

$$1109,98 - 1105 = 4,98 \text{ б/с и } 1105 - 1109,98 = -4,98 \text{ б/с,}$$

т. е. биения были бы равны между собой, а средний звук — неточный. Значит, надо не только услышать равенство биений в малой терции и большой сексте, но и правильно оценить количество этих биений. Самая надежная оценка количества биений (их скоростей или характеров) осуществляется тогда, когда они сравниваются с подобными похожими скоростями биений в других точно настроенных интервалах (см. об этом, например, на с. 14, Первый план, п. 1, 2 и 3; а также на с. 20).

2. То же наблюдается и в минорных трезвучиях. Если, например, по точно настроенной по биениям квинте *фа-диез* — *до-диез*¹ (см. с. 12) кто-то ошибочно настроил бы звук *ля* не на 220 Гц, а, предположим, на 221 Гц, тогда биения в малой терции ($221 \times 5 - 1109,98 = -4,98$ б/с, пример 5) и биения в большой терции ($277,183 \times 4 - 221 \times 5 = 3,73$ б/с по примеру 2) уменьшились бы на одну и ту же величину (на 5 б/с) и, следовательно, разность между биениями сохранилась бы прежней (1,25 б/с). Значит, важно не только слышать разницу в биениях, но и оценить сами биения (по характеру или по количеству).

О ТАБЛИЦЕ 3 СТАНДАРТНЫХ ЧИСЕЛ БИЕНИЙ В ИНТЕРВАЛАХ

В таблице 3 (см. Приложение 2) приведены стандартные числа биений в интервалах для среднего регистра фортепиано, где они чаще всего используются. Таблица 3 составлена для стандартного строя с частотой тона $ля^1$ 440 Гц.

Настройщику в работе не надо самому вычислять на бумаге какие-либо числа биений в интервалах, но знать о существовании таблиц 2 и 3, уметь пользоваться таблицей 3 и постараться запомнить сведения из первой части данного пособия будет очень полезно для его практической деятельности. Это станет очевидно из второй части пособия.

Числа биений из таблицы 3, приведенные в основном для наглядности во всех последующих примерах, не должны смущать или отпугивать настройщика. В практической работе применяется простой принцип сравнения характеров (скоростей) частоты биений в двух интервалах, а количество биений не подсчитывается (см. об этом на с. 27), за исключением того случая, когда в самом начале настройки нужно получить эталоны 7 б/с и 8 б/с (см. на с. 13 "О тренировке слуха").

Применение принципа сравнения биений рассматривается в следующей части пособия.

Чему учит таблица 3?

1. Таблица 3 показывает, что при полутоновом повышении интервалов биения в них плавно нарастают, а при переходе интервалов в следующую октаву число биений удваивается.

2. Равенство биений в малых терциях и больших секстах в пределах октавы, о чем говорилось в примере 5 на с. 10, легко обнаруживается и прослеживается в таблице 3.

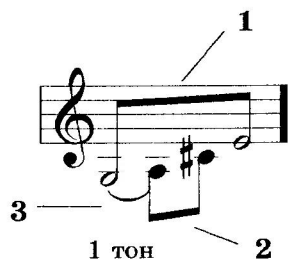
3. Из таблицы 3 видно, что есть и еще одно равенство биений в пределах октавы, а именно, в кварты и квинты. Например, $ля - ре^1 + 0,995$ б/с и $ре^1 - ля^1 - 0,993$ б/с и др. Кварты расширены, а квинты сужены.

4. В заголовке колонки таблицы 3 "Большая терция" указано: "то же через октаву и через 2 октавы". Это сделано для напоминания того, о чем шла речь в примерах 3 и 4 на с. 9.

5. Таблица 3 дает нам замечательные случаи комбинаций разных интервалов с почти одинаковыми числами биений, что очень удобно использовать при настройке фортепиано. Это прежде всего сочетание больших терций и больших секст в септаккордах.

Примечание.

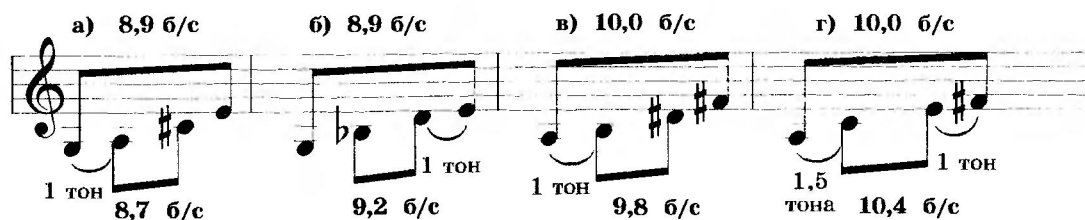
В дальнейшем тексте будут употребляться следующие условные обозначения, имеющие иной смысл, нежели тот, который они несут при обычной записи нот, а именно:



- 1 — обозначение большой сексты;
 - 2 — обозначение большой терции;
 - 3 — обозначение интервала (1 тон или 1,5 тона);
- Зачерненная нота обозначает настроенный звук, а "белая" нота — настраиваемый звук.

Комбинации терций и секст в септаккордах по таблице 3

1-й случай



Биения в секстах и больших терциях в случаях 1а, б, в, г воспринимаются на слух как равные, т. е. похожие по частоте биений, по характеру биений (см. с. 13). Видно, что в пределах одной большой сексты располагаются две большие терции, имеющие почти равные биения, как в сексте.

2-й случай

а) б) в) г)

8,9 б/с 8,7 б/с 8,9 б/с 9,2 б/с 10,0 б/с 9,8 б/с 9,4 б/с 9,8 б/с

1 тон 1,5 тона 1 тон 1,5 тона

Здесь 2а, б, в представляют из себя обращения тех же септаккордов, что и в 1-м случае, но 2а имеет свои особенности: образовалась новая большая секста *ми — до-диез*¹, в пределах которой также могут располагаться две большие терции, как в 1-м случае. Т. е. появляются новые комбинации и новые возможности взаимопроверки точности настройки интервалов. Эти возможности непременно используются настройщиками в работе.

2б также имеет свои особенности: можно представить себе, что большая терция *ля — до-диез*¹ из 2а, отодвигаясь вверх на полтона от малой терции *ми — соль*, как бы увеличивает (расширяет) большую сексту *ми — до-диез*¹ на полтона. Это дает новые возможности при проведении взаимопроверки настройки интервалов (см. Часть 2, "Главный контроль" на с. 17 и 22).

В 2г показано, что секста из 2в может быть увлечена на полтона за счет отодвигания малой терции вниз на полтона, и это также используется настройщиками при контроле биений*.

6. Таблица 3 заставляет настройщика по-новому смотреть на минорные трезвучия.

1,0 б/с 1,1 б/с 1,2 б/с 1,3 б/с 1,4 б/с 1,5 б/с

Разница в биениях в малых и больших терциях на 1,0—1,5 б/с легко улавливается на слух по небольшому отличию характера (скорости) биений (см. с. 13). Это позволяет при точно настроенной квинте (по табл. 3) сравнительно точно настроить малые и большие терции в трезвучии или, наоборот, по точно настроенным (по биениям) терциям проконтролировать настройку квинты. В этом суть настройки и самоконтроля.

7. Септаккорды и минорные трезвучия, настроенные по биениям, должны иметь певучий звук.

О КВИНТАХ И КВАРТАХ

Как видно из таблицы 3, квинты и кварты имеют малые числа биений: 0,55; 0,70 б/с и т. п. Такие биения трудно оценивать и сравнивать между собой. Гораздо удобнее сравнивать биения, имеющие округленно целые числа 6, 7, 8 и др., как в терциях и секстах. Поэтому практиковавшаяся ранее настройка фортепиано только по биениям в квинтах и квартах в последнее время становится менее употребительной; такую настройку допускают в качестве предварительной, но не окончательной. Однако надо знать, что квинты и кварты, легко настраиваемые на слух чистыми (т. е. без биений), служат настройщику удобным ориентиром при взаимоконтроле и взаимопроверке, например, при настройке минорных трезвучий (см. Планы настройки, а также с. 24 и 25).

О ПРОСЛУШИВАНИИ БИЕНИЙ

Как было показано ранее (с. 8—10), биения в интервалах возникают при одновременном звучании двух совпадающих гармоник с близкими частотами колебаний. Насколько близки должны быть эти

* См. также примеры в Приложении 4 на с. 38.

частоты колебаний у совпадающих гармоник, чтобы между ними появились биения? Ответ такой: разница в частотах колебаний должна быть меньше четверти тона.

Значит, при настройке ключом надо начинать мобилизовать свой слух и внимание на улавливание биений не тогда, когда дистанция еще измеряется полутоном или четвертью тона, а значительно позже, ближе к унисону. Биения легко и свободно улавливаются на слух во время настройки унисонов и октав (см. с. 7).

С настройки унисонов и октав и надо начинать знакомиться с биениями, после чего улавливание неисчезающих биений становится нетрудным; при этом, конечно, потребуется усиленная сосредоточенность и умение переключать внимание со слушания высоты звука на слушание биений. На приобретение такого умения требуется определенное время.

О СРАВНЕНИИ БИЕНИЙ НА СЛУХ

Если в каких-либо двух сравниваемых (по биениям) интервалах разница в числах их биений меньше, чем 0,5—0,6 б/с, то такие биения воспринимаются на слух как равные (похожие), идущие с одинаковой скоростью; но когда разница в этих биениях достигает 0,8—1,5 б/с, тогда натренированный слух различает, что одни биения идут с меньшей скоростью (частотой), а другие — с большей, и это позволяет достаточно точно и правильно ориентироваться при настройке интервалов (см. с. 15 до п. 6).

О ТРЕНИРОВКЕ СЛУХА

Задача состоит в следующем: надо выработать и хорошо закрепить в памяти два эталона частоты биений, а именно 7 б/с и 8 б/с. Эти эталоны частоты биений потребуются в самом начале настройки фортепиано (см. Первый план настройки на с. 14).

Для выработки эталона используются часы с точным отсчетом секунд, например, электронные. Глядя на часы, за секунду строго ритмично произносим 7 каких-либо слогов (в другом случае 8 слогов), например "пе-ре-да-ча-му-зы-ки" ("пе-ре-да-ва-ли-му-зы-ку") или что-то другое. Нужно добиться, чтобы скорость чередования этих слогов хорошо закрепилась и запомнилась. Многократно ежедневно повторяя 7 слогов, одновременно настраиваем терцию *фа — ля*, где должно быть 7 б/с (см. табл. 3 на с. 34). Скорость биений в терции *фа — ля* ключом подгоняем к скорости чередования слогов "пе-ре-да-ча-му-зы-ки". При синхронном совпадении этих скоростей в настраиваемой терции будут получены 7 б/с.

Для получения в интервале 8 б/с, например в сексте *фа — ре¹* 7,92 б/с (по табл. 3), поступаем так же, как и при настройке терции *фа — ля*, только придется проговаривать не 7, а 8 слогов.

Практика показывает, что произносить слоги можно даже шепотом, т. к. в этом случае легко можно ориентироваться по мышечным напряжениям при движении губ и языка.

О НАСТРОЙКЕ ИНТЕРВАЛОВ ПО БИЕНИЯМ

1. Если в интервале одна струна настроена точно и при настройке второй струны нужно получить в интервале 7 б/с или 8 б/с, то поступают так, как рекомендовано выше.

2. Когда в интервале нужно получить биения больше, чем 8 б/с, например 11,2 б/с или 11,9 б/с, тогда биения в настраиваемом интервале ключом подгоняют на слух (по характеру) к биениям уже настроенного другого интервала, имеющего нужные нам 11,2 б/с или 11,9 б/с либо очень близкие к ним (см. Третий план, п. 3, 4, с. 21).

Практические приемы настройки по биениям показываются во второй части пособия. Перед началом изучения материала второй части (планов настройки) читатель должен научиться хорошо улавливать на слух биения, как похожие, так и непохожие друг на друга, т. к. это является абсолютно необходимым условием для успешного освоения метода настройки фортепиано по биениям.

О настройке интервалов по биениям в инструментах, у которых строй отличается от стандартного, см. с. 26—29.

Часть вторая

НАСТРОЙКА ФОРТЕПИАНО

Настраиваемый участок от *ре* до *ре*¹, или от *ми* до *ми*¹, или от *фа* до *фа*¹ называется областью темперирования.

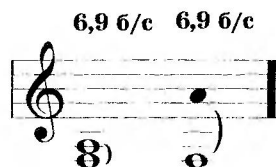
С целью экономии времени сначала настраивается только одна струна из каждого хора области темперирования, остальные две струны приглушаются резиновым или фильцевым клинком (потребуется 13—16 клинков).

Во время настройки интервалов при повороте ключа в сторону расширения больших терций и больших секст (или в сторону сужения малых терций) частота биений будет увеличиваться! При противоположном направлении поворота ключа частота биений будет уменьшаться!

ПЛАНЫ НАСТРОЙКИ ОБЛАСТИ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ при *ля*¹ = 440 Гц

Первый план настройки.

1. Настройка октавы *ля* — *ля*¹.

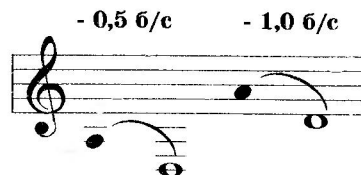


На основании табл. 3 только при *соблюдении равенства количества биений* в большой терции и дециме октава *ля* — *ля*¹ будет точной. Семь биений в секунду (округленно от 6,9 б/с) получают тем способом, который был описан на с. 13 ("О тренировке слуха"). Даже и в том случае, если мы ошибочно приняли какие-то меньшие (не намного!) или большие (не намного!) биения за семь, но при этом будет соблюдаться на слух равенство количества биений в терции и дециме, — все равно октава *ля* — *ля*¹ будет точной.

Звук *фа* корректируется чуть позже (см. п. 3).

Конечно, октаву *ля* — *ля*¹ можно настроить и без вспомогательного звука *фа*, но при этом чаще всего получается менее точная октава.

2. Настройка двух квинт вниз от *ля*¹ и *ля*.



Квинты настраиваем сначала чистыми, без биений, а потом сужаем до появления биений.

3. Согласовываем п. 1 и 2.

а)	б)	в)
1,0 б/с -1,0 б/с	-7,9 б/с 6,9 б/с	-7,9 б/с 7,9 б/с
По табл. 3	См. с. 12, минорные трезвучия	См. табл. 3 и с. 10, пример 5

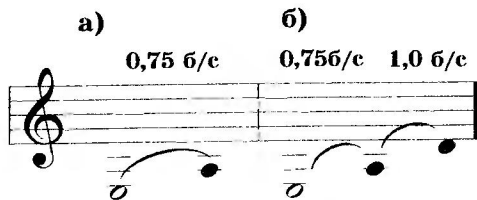
Звуки *фа* и *ре* нужно отрегулировать так, чтобы условия а), б) и в) соблюдались.
См. с. 13: Настройка интервалов по биениям, п. 1.

4. Первый результат.



Первые четыре звука из тринадцати настроены точно. Ре-минорный аккорд имеет певучий звук. Настроены точно: малая и большая терции, секста и октава.

5. Принимая ля малой октавы за центр настройки, настраиваем сексту ми — до-диез!



Биения 1 б/с идут чаще, чем 0,75 б/с.



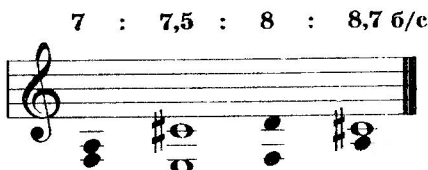
На слух четко улавливается поочередное звучание кварт и больших терций.

Трезвучие ля — до-диез — ми является доминантным к трезвучию ре — фа — ля, и поэтому оба эти трезвучия (и их обращения), а также сексты хорошо контролируются на слух.

Для того чтобы запомнить, как кварта чередуется с большой терцией и наоборот, полезно напевать какую-нибудь хорошо знакомую мелодию, например "Песенку про кузнечика" (или что-нибудь подобное):



Но, конечно, более точным является контроль звуков по биениям в интервалах.



Биения 7 и 7,5, а также 7,5 и 8 воспринимаются попарно на слух как равные, т. е. как идущие с одинаковой частотой или скоростью пульсации. Но скорость пульсации 8,7 б/с на слух должна восприниматься больше скорости пульсации 8 б/с (см. с. 13)! Это и является главным контролем правильной настройки четырех интервалов.

Качество настройки этих четырех интервалов зависит от умения слышать и сравнивать как похожие скорости биений, например 7 : 7,5 : 8, так и непохожие скорости биений: 8 и 8,7 б/с ; 7 и 8 б/с ; 7,5 и 8,7 б/с. Все основывается только на этом умении слышать. Поэтому тренировка слуха, о которой шла речь на с. 13, является тем фундаментом, на котором держится вся настройка области тем-

перирования. Нельзя жалеть времени на требуемую тренировку слуха. Чем лучше натреновано ухо в слышании биений, тем с лучшим качеством и с большей гарантией выполняется настройка инструмента.

6. Второй результат.



6 звуков из 13 настроены точно.
Точные: 1 малая терция, 2 большие терции, 2 сексты.

7. Настраиваем соль и си-бемоль малой октавы (см. с. 12, 2а, б)

<i>соль</i>	Контроль	<i>си-бемоль</i> *)	Контроль	Особый контроль *
-8,9 8,7	0,7 -0,7	-8,9 9,3	-10,6 9,25	8,7 9,3 0,74 0,79
				1,0 : 1,35 : 1,35
				6,9 : 7,9 : 9,25 : -10,6
С. 12, случай 2а. Малая терция настраивается по большой терции	По табл. 3	С. 12, случай 2б	С. 12, минор	По таблице 3
				Надо запомнить структуру контроля *

8. Третий результат.



Точно настроены 8 звуков из 13.
Точные: 3 малые терции, 3 большие терции и 2 сексты.

9. Настраиваем оставшиеся пять звуков.

<i>соль-диез</i>	Контроль	<i>си</i>	К о н т р о л ь			
	6,9 : 6,5 0,94 : 1,0		6,6	7,5	8,9 : 7,8	-10,6 : -11,2
	По таблице 3. См. также с. 13, сравнение биений на слух		6,5 6,9	7,8	Стр. 12, минор	По табл. 3 и с. 13
			Секста проверяется по б. терциям, с. 11, 1а, 1б	Б. терция проверяется по сексте		

* См. с. 38, Приложение 4.

фа-диез **К о н т р о л ь** $0,84:0,79$ $-0,6:-0,7$ $-9,4:-10:-10,6$ $6,9:7,3:7,8$ $-10:8,7$ $7,5$ $0,8:1,2:1,1$
 $5,8:6,6:7,8:8,9$

Хроматическое проигрывание интервалов вверх и вниз

С. 12, минор

Б. терция проверяется по сексте с. 11, 1а

Особый контроль, см. п. 7

$1,0:1,2:1,3$ *ре-диез* $6,5:7,5:8,7:10$ $-8,4:8,7$ **К о н т р о л ь** $1,1$ $до^1$
 $-8,4:7,3$ $-8,4:8,2$

Особый контроль, см. п. 7

Настройка м. терции по б. терции, с. 12, 2г

Хроматическое проигрывание всех интервалов вверх и вниз, см. настройку *фа-диез*

С. 12, минор

Настройка б. терции по м. терции, с. 12, 2а

К о н т р о л ь $6,6:7,0:7,5:7,9$ $7,05$ $0,8:1,2:1,2$
 $6,2:7,0:8,2:9,4$

Хроматическое проигрывание всех интервалов вверх и вниз (см. настройку *фа-диез* и *ре-диез*)

Б. секста проверяется по б. терциям, с. 11, 1а и 1б

Особый контроль см. п. 7

10. Главный контроль.

$6,6$ $7,0$ $7,5$ $7,9$ $7,8$ $8,2$ $8,7$ $9,2$
 $5,8$ $6,2$ $6,5$ $6,9$ $7,3$ $7,8$ $8,2$ $-7,9$ $-8,4$ $-8,9$

При проигрывании септаккордов, а также интервалов: малых терций, больших терций, кварт, квинт, больших секст — вверх по полутонам должно хорошо прослушиваться плавное нарастание (или, при игре вниз, убывание) скорости биений. Числа биений при этом не фиксируются, только сравнивается характер биений в интервалах.

* См. с. 38, Приложение 4.

При таком контроле обнаруженная случайная неточность в одном каком-то интервале из-за осевшего вирбеля, во-первых, легко исправляется, а во-вторых, никак не влияет на точность настройки других интервалов.

Итак, все 13 звуков октавы *ре* — *ре*¹, настроенные по терциям и секстам, звучат точно.

11. Общий вид первого плана настройки.



Как видно, нота *ля* малой октавы является центральной нотой, участвующей почти во всех настроенных аккордах. В этом преимущество плана. К преимуществам следует отнести также ясную и легко усваиваемую гармоническую последовательность плана, что способствует его быстрому запоминанию.

Все трезвучия и септаккорды имеют певучий звук.

Второй план настройки.

1. Первые четыре звука *ре* — *фа* — *ля* — *ре*¹ настраиваются так же, как и в первом плане.
2. Настраиваем *си*, *соль* и *ми* (ми-минор).

<i>си</i>	<i>соль</i>	<i>ми</i>	Контроль	
6,65	7,9 : 7,8	8,9 : 7,8	-7,9	-8,9 -0,5 -0,56
6,9 Б. секста настраивается по бол.терции, с. 11, 16	Б. терция настр. по м. терции, с. 12, 2а	С. 12, минор	По таблице 3 и с. 13	

3. Настраиваем *до-диез*¹ и *си-бемоль* (см. с. 16, п. 7).

<i>до-диез</i> ¹	<i>си-бемоль</i>	Контроль		
7,5	-8,9 : 8,7 -8,9 : 9,25	7,5	7,9	8,7 : 9,2 0,79 : 0,75
7,8 Бол. секста настраивается по б. терции, с. 11, 16	Б. терция настр. по м. терции, с. 12, 2а	Б. терция настр. по м. терции, с. 12, 2б	По таблице 3, Сравнение биений на слух	

4. Настраиваем ля-бемоль и соль-бемоль (фа-диез).

ля-бемоль *) -9,4 : 9,25	Контроль 6,6 -9,4 -8,9 6,5 6,9			фа-диез 7,5	Контроль 6,9 : 7,3 : 7,8
М. терция настр. по б. терции, с. 12, 2а	6,5			7,3	
	Б. терция настраивается по б. сексте, с. 11, 1а			Б. терция настраивается по б. сексте, с. 11, 1а	По таблице 3

5. Настраиваем до¹ и ми-бемоль.

до ¹ 7,9	Контроль 7,8 : 8,2 : 8,7	ми-бемоль 7,0	Контроль 6,7 : 7,0 : 7,5
8,2		6,9	
Б. терция настраивается по б. сексте, с. 11, 1б	По таблице 3	Б. секста настраивается по б. терции, с. 11, 1а	По таблице 3

Итак, настроены точно 13 звуков от *ре* до *ре*¹.

6. Главный контроль.

Такой же, как и в первом плане.

7. Общий вид второго плана.

Этот план отличается своей простотой.

Известно, что численно равные биения в двух интервалах воспринимаются на слух легче, чем неравные, и потому весь план построен исключительно на выполнении этого условия равенства биений. Здесь восемь раз повторено в разных комбинациях одно и то же правило, а именно: настройка одного интервала по другому точному интервалу продолжается до тех пор, пока биения в настраиваемом интервале не сравняются с биениями точного интервала.

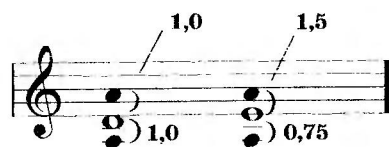
Третий план настройки.

Тот, кто считает, что октава *ля* — *ля*¹ настраивается точно и без помощи вспомогательного звука *фа*, как предлагается в первом и втором плане, может пробовать настраивать и другую область темперирования, например *ми* — *ми*¹ или *фа* — *фа*¹, применяя при этом тот же принцип сравнения интервалов по их биениям.

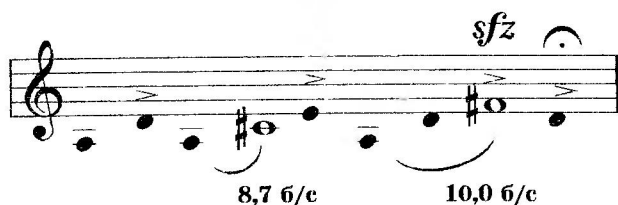
* См. с. 37, Приложение 4, второй нотный пример (уменьшенная квинта *ре* — *ля-бемоль*).

В третьем плане рассматривается настройка области темперирования *фа-диез* — *фа-диез*¹.

1. На слух биения в кварте *ми*¹ — *ля*¹ идут чаще, чем в квинте *ре*¹ — *ля*¹. а в кварте *ля* — *ре*¹ чаще, чем в квинте *ля* — *ми*¹.



2. Акцентируемые звуки *ре*¹, *ми*¹, *фа-диез*¹, связанные с нижним звуком *ля*, создают устойчивый и сравнительно точный мелодический рисунок. Здесь важно хорошо слышать чередование кварты и большой терции: *ля* — *ре*¹ — *ля* → *до-диез*¹ → *ля* — *ре*¹ (надо обратить на это внимание).

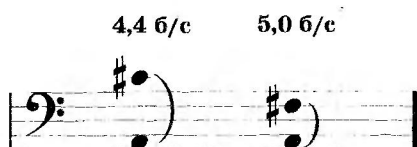


Контролем служит улавливание на слух нарастания биений в следующих трех интервалах:



О контроле со звездочкой * см. Первый план, п. 7.

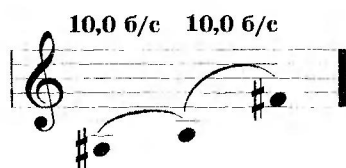
В том случае, когда все-таки возникает сомнение в надежной точности высоты звуков *до-диез*¹ и *фа-диез*¹ в этих трех интервалах, можно действовать так:



По таблице 3

настраивают *Ля* большой октавы (с помощью *Фа* или без *Фа*, лишь бы точно) и сравнивают биения в двух интервалах. Биения (округленные) 4 и 5 б/с хорошо улавливаются на слух после небольшой тренировки по методу, изложенному на с. 13, с заменой 7 слогов на 4 и 5 слогов, например: "пе-ре-да-ча" и "пе-ре-да-ва-ли" или другие. Скорость биений в сексте 5 б/с определяется довольно точно; скорость эта должна быть на слух больше скорости биений в дециме (4,4 б/с). В этом суть контроля.

Далее:



по точному *фа-диез* малой октавы корректируем *фа-диез*¹ и таким образом фиксируем точную скорость 10,0 б/с (см. выше), а по ней и скорости 8,7 и 11,7 б/с (см. контроль *).

Можно действовать и так: настроить квинту *соль* — *ре*¹ с контролем по квинте *ля* — *ми*¹, и тогда биения в терции *ля* — *до-диез*¹ будут контролироваться биениями в сексте *соль* — *ми*¹ (см. на с. 21 п. 4 "Настройка *соль*").

3. Настраиваем *до*¹ и *си*.

<i>до</i> ¹	Контроль	<i>си</i>	Контроль
-11,9 : 11,7	11,9 10,4	8,7:10,0:11,7:13,3	-0,74 -0,84 1,0 1,1
М. терция настраивается по б. терции, с. 12, 2а	С. 12, минор	Первый план, п. 7	По табл. 3

4. Настраиваем *соль-диез* и *соль*.

<i>соль-диез</i>	Контроль	<i>соль</i>	Контроль
-11,2 : 11,7	-11,2 -11,9 0,94 1,0	8,9	8,9 10,0 0,89 0,94 1,0 -0,66 -0,74
М. терция настраивается по б. терции, с. 12, 2г	По таблице 3	Б. секста настраивается по б. терции, с. 11, 1а	По таблице 3

5. Настраиваем *фа-диез* и *си-бемоль*.

<i>фа-диез</i>	Контроль	<i>си-бемоль</i>
	0,8 : 0,9 -0,6 : -0,7 -10,6 : 9,25	10,0 10,6 11,2 8,7 9,2
	По таблице 3	

6. Настраиваем *ре-диез*¹ и *фа*¹.

<i>ре-диез</i> ¹	Контроль	<i>фа</i> ¹	Контроль
	10,0		9,25 9,8 10,4 11,0 11,7 8,4 8,9 9,4 10,0
	9,8 10,4	Б. терция настраивается по м. терции, с. 12, 2а,в	По таблице 3
	Б. терция настраивается по б. сексте, с. 11, 1в,г		

7. Главный контроль

При проигрывании септаккордов, а также интервалов: кварт, квинт, малых и больших терций, больших секст — вверх по полутонам должно хорошо прослушиваться плавное нарастание (или, при игре вниз, убывание) скорости биений. Числа биений не фиксируются, только сравниваются между собой.

Итак, все 13 звуков октавы *фа-диез* — *фа-диез*¹ настроены точно.

8. Общий вид третьего плана настройки.

Этот план настройки имеет и минусы, и плюсы.

Область темперирования расположена на четыре полутона выше, чем в 1-м и 2-м планах. Это дает общее повышение чисел биений, что немного усложняет сравнение биений на слух. Например, чтобы сравнить биения 11,7 с 13,3 б/с (см. п. 3) или 11,2 с 11,9 б/с (см. п. 4), нужно обладать хорошо натренированным слухом, а это приходит не так скоро.

Но зато в этом плане звук *ля* малой октавы является центральным опорным звуком для построения и контроля (как в первом плане), и это принципиально уменьшает возможность появления неточностей во всей области темперирования.

К преимуществам плана следует отнести и то, что со временем от работы по этому плану у настройщика улучшаются слух и память на более высокие (частые) биения, и это дает новые возможности.

Четвертый план настройки.

1	2	3	4	5	6
		* Контроль			* Контроль
	-11,9 : 10,4	8,9 10,4-11,9		7,9 : 7,8	7 : 8 : 8 : 9 : 10,4-11,9
Третий план, п. 1	С. 12, минор	Первый план, п. 7	Первый план, п. 1	с. 11, 1а	

7	8	9	10	11	12
7,9 : 8,2	8,9 8,7 9,2	9,2 9,4	7,9 7,5	7,5 7,4	8,7 8,4
					
С. 11, 16	С. 11, 1 а, б	С. 11, 1а	По табл. 3	С. 11, 1а	С. 11, 16

Это почти готовый план настройки от *ми* до *ми*¹ или от *ми* до *фа*¹. Попутный и заключительный контроль здесь не приводятся потому, что они подробно рассмотрены во всех трех предыдущих планах. Выскажем только некоторые соображения по плану.

1. Ля-минорный аккорд *ля* — *до*¹ — *ми*¹ — *ля*¹ обязательно должен иметь певучий звук. Это является показателем точной настройки звуков аккорда.

2. В 5-м такте обязательно надо проверить звучание трех кварт: *соль* — *до*¹, *ля* — *ре*¹, *си* — *ми*¹.

3. После 7-го и 8-го тактов хроматически проигрываются вверх четыре большие терции, начиная от *соль* — *си* до *си-бемоль* — *ре*¹.

4. В 8-м такте можно было бы настроить третью большую терцию *си* — *ре-диез*¹ (9,8 б/с), сверяя биения в ней по сексте (8,9 б/с) и по двум предыдущим терциям. Здесь же в 8-м такте можно было бы настроить и звук *фа-диез* малой октавы, сверяя его по соседним квинтам, квартам, большим терциям и большим секстам.

5. Если бы после 8-го такта мы настроили октаву *ми* — *ми*¹ по равенству биений *ми* — *соль* (8,9 б/с) и *соль* — *ми*¹ (8,9 б/с), то имели бы пять больших секст от *ми* — *до-диез*¹ до *ля-бемоль* — *фа*¹; это прекрасный контроль.

Как видим, в построении четвертого плана могут появляться разные варианты продолжения настройки и каждый настройщик мог бы пойти по своему варианту.

Между прочим, такая же вариантность не исключалась и в первых трех планах.

СКОЛЬКО СУЩЕСТВУЕТ ПЛАНОВ НАСТРОЙКИ ОБЛАСТИ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ?

Приведенные выше четыре плана настройки являются образцами или примерами планов, которые могут использоваться (и фактически используются) настройщиками как основа при составлении собственных удобных планов; поэтому у настройщиков уже существует достаточное количество разных планов.

Принципиальной основой всех планов является сравнение биений в интервалах. Большинство настройщиков используют в своих планах слуховое равенство биений между большими терциями и большими секстами.

Есть и такие настройщики, которые простое и удобное соотношение биений между малыми терциями и уменьшенными квинтами используют и как способ контроля настройки, и как способ самой настройки (см. Приложение 4). Каждый настройщик по мере обогащения своего опыта знакомится с разными планами и использует тот или иной план в зависимости от того, в каком состоянии находится данный конкретный инструмент и какой вид настройки для него требуется (см. далее на с. 29).

Опытный квалифицированный настройщик отличается от других главным образом не тем количеством планов, которые он знает, а тем, насколько тщательно он работает по выбранному плану настройки.

ЧТО НАСТРАИВАЮТ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕМПЕРАЦИИ?

Можно настраивать вторые и третьи струны в каждом хоре области темперирования, учитывая при этом Примечание на с. 25, но лучше отложить эту работу и сделать ее после настройки регистров, лежащих по обе стороны от области темперирования. Причем, как правило, сначала настраивают звуки низкого регистра, а потом — высокого регистра.

НАСТРОЙКА БАСОВОГО РЕГИСТРА

До звука Φa_1 контроктавы настройку ведут по полутонам поочередно вниз октавными интервалами с обязательной проверкой интервалами в две октавы. Уточняют настройку по биениям. Если область темперирования от re до re^1 , тогда первый звук левее области темперирования (*до-диез* малой октавы) контролируется по равенствам биений в квинтах, квартах, больших терциях и больших секстах, построенных вверх от re и от *до-диез* малой октавы. Так, биения в секстах re — *си* 6,65 б/с и *ре-бемоль* — *си-бемоль* 6,28 б/с слышатся как равные. То же и в терциях re — *фа-диез* 5,82 б/с и *ре-бемоль* — *фа* 5,5 б/с. То же и в квинтах и квартах. Так же контролируем и следующие звуки *до*, *Си* большой октавы и т. д. Начиная от звука *Ля* большой октавы контроль можно вести по децимам, сравнивая биения в децимах *Ля* — *до-диез*¹ 4,37 б/с и *Си-бемоль* — re^1 4,62 б/с. Характеры этих биений не должны отличаться друг от друга.

Так опускаемся до $Ля_1$ контроктавы. Начиная от $Ля_1$ можно контролировать по децимам через октаву: $Ля_1$ — *до-диез*¹ сравнивается по характеру биений с *Си-бемоль*₁ — re^1 и т. д.

Ниже Φa_1 настройку ведут только двухоктавными интервалами, обеспечивающими более точное звучание низких звуков.

Кроме указанного выше контроля в самых низких басах употребляют еще контроль с помощью терцдецим (сексты через октаву). Так, характеры звучания терцдецим Φa_1 — re малой октавы и $Ми_1$ — *до-диез* малой октавы должны быть похожими.

Хоры в басах настраивают так: сначала настраивают первую струну, при этом вторая струна заглушена клинком, который ставится выше демпферных головок. После настройки первой струны, освободив вторую, настраивают ее в унисон с первой. Но иногда случается так, что точно настроить в унисон с первой струной не удастся из-за плохого качества навивки басовой струны. Тогда заглушают клинком первую настроенную струну и настраивают вторую струну точно так же, как настраивали первую.

Среди настройщиков есть такие, которые прекрасно настраивают средний диапазон фортепиано и дискантовый регистр, но менее комфортно чувствуют себя при настройке басового регистра. Такова природа их слуха, и это обстоятельство заставляет их использовать звучание обертонов. Известно, что на уровне басовых демпферных головок (глушителей струны) находится 1/8 часть длины одиночных басовых струн. В связи с этим настройку ведут так:

1. Ключ ставят на вирбель настраиваемой струны, предположим, на Pe_1 контроктавы.
2. Пальцем правой руки чуть выше демпферной головки нажимают на "узел" 1/8 части струны (см. табл. 1 на с. 5).
3. Одновременно левой рукой нажимают на клавишу Pe_1 с правой педалью.
4. Так возбуждается обертон (Γ_8) на 3 октавы выше настраиваемой струны Pe_1 контроктавы (см. табл. 1).
5. С правой педалью обертон $\Gamma_8 = re^1$ звучит громко и долго, и пока звучит этот обертон, с помощью ключа добиваются получения унисона слышимого обертона Γ_8 со струной re^1 , что и гарантирует хорошую настройку Pe_1 .

6. Настройка басов с помощью обертонов требует более тщательного контроля настройки по мажорным и минорным многозвучным аккордам, по их обращениям и арпеджио в 2—3 октавы.

Человеческое ухо так устроено, что ему свойственно желание слышать самые низкие звуки ниже стандартного (расчетного) звучания, а самые высокие звуки слышать выше стандартного звучания. Поэтому начиная с Φa_1 контроктавы и ниже басы настраивают не по точным октавам, получаемым только с помощью специальных приборов, но, наоборот, по слегка неточным, чуть расширенным октавам. Насколько расширенным? Это определяется только на слух при прослушивании различных аккордов, для которых их тоникой (основой) является только что настроенный бас.

НАСТРОЙКА ДИСКАНТОВОГО РЕГИСТРА

По окончании настройки басового регистра проверяют настройку области темперирования.

Настройку струн высокого регистра также производят поочередно октавными интервалами спутными проверками: по квинтам, квартам, а также октавным созвучием через одну октаву, две октавы и аккордами.

Очень надежным контролем является прослушивание биений в интервалах, например:

Тот, кто уверенно и надежно слышит кварты и квинты, может вести "настройку-контроль", проигрывая аккорды мелодически (арпеджируя) и делая акцент на верхнем звуке:

При таком контроле начиная приблизительно с mi^4 или fa^4 , постепенно обнаруживается, что октавы mi^3 — mi^4 , fa^3 — fa^4 , fa -диез³ — fa -диез⁴ и т. д. звучат не совсем точно: они чуть расширены. Это не должно смущать настройщика. Дело в том, что мелодическая последовательность тонов воспринимается на слух удовлетворительно только тогда, когда верхний тон чуть-чуть завышен (или, соответственно, нижний тон чуть-чуть понижен). Наш слух неизменно требует расширения интервалов при их мелодическом проигрывании, и это приводит к так называемой "растянутой" настройке с чуть расширенными октавами, что и придает некоторую "живость" и "блеск" музыкальному исполнителю. Если в точно настроенной октаве верхний звук маскировался более сильным (громким) нижним звуком, то в октаве слегка расширенной (до незначительной доли биений) верхний звук приобретает "живой голос", становится несколько ярче, громче и выразительнее. В самых крайних двух-четырех дискантовых тонах требуется более заметно выполнить расширение в октавах и унисонах, чтобы избежать в этих струнах чрезмерно глухого и неясного звука.

Примечание

Расширение унисонов (точнее сказать, их расстройку) допускают и в области темперирования и в средней (теноровой) части фортепиано. Поступают так: освободив вторую струну в хоре, настраивают ее в унисон с первой струной (точно настроенной); при этом допускают, чтобы в течение 4 секунд (см. с. 13 "О тренировке слуха") появилось одно биение. Подобный расстроенный унисон вполне приемлем на слух, он звучит как чистый и вместе с тем дает некоторое оживление звучания.

Но если одно биение появляется в течение 2—3 секунд, то такой унисон становится уже неудовлетворительным и плохо воспринимается на слух.

Для настройки третьей струны в хоре поступают так: третью струну настраивают в точный унисон или с первой, или со второй струной. Трехструнный хор должен иметь одно биение за 4 секунды.

По мере продвижения настройки к третьей и четвертой октавам дискантового регистра фортепиано короткий клинок становится все более и более неудобным в работе, и тогда берут длинный клинок, который вставляют между гаммерштиллями молотков ниже фильца ударной части молотка.

По окончании настройки дискантовых струн еще раз проверяют темперацию в области темперирования. Обнаруженные неточности исправляют.

О НАДЕЖНОСТИ (СТАБИЛЬНОСТИ) НАСТРОЙКИ

Настройка фортепиано завершается проигрыванием инструмента по всему диапазону. Обычно проигрывают вверх и вниз по полутонам такие интервалы: квинты, кварты, октавы, двойные октавы, тройные октавы, большие терции, децимы, децимы через одну и две октавы, терцдецимы (сексты через октаву), малые терции.

Из-за плохого качества струн (да и по другим причинам) не всегда удастся получить одновременно чистые октавы и чистые двойные и тройные октавы. В этом случае надо ориентироваться на что-то среднее, чтобы избежать грубой фальши.

В хорошо настроенном инструменте одноименные интервалы, проигрываемые в хроматической последовательности, должны на слух обладать схожими характерами звучания, плавно изменяющи-

мися при повышении (или понижении) данных интервалов, при этом скорости биений в одноименных интервалах также должны изменяться плавно.

Кроме одноименных интервалов сравниваются между собой также и разноименные интервалы по принципу равенства биений в них (см. с. 11, "Чему учит таблица 3").

Настройку проверяют и аккордами, мажорными и минорными трезвучиями, а также их обращениями. Здесь надо хорошо разбираться в характере звучания каждого вида трезвучия.

Во время проигрывания аккордов по всему диапазону фортепиано проверяют не только качество звучания (отсутствие посторонних призвуков, равномерность интенсивности звука, тембровое единство звучания и др.), но также и надежность (стабильность) настройки. Надежность настройки проверяется продолжительным обыгрыванием инструмента при игре фортиссимо или даже форте-фортиссимо; при такой игре хоры и отдельные струны не должны расстраиваться.

Стабильность строя включает в себя и вопрос о сроках выдерживания высоты строя данным конкретным инструментом. Вопрос этот многоплановый из-за большого количества разных причин, по которым сокращается время сохранения высоты строя. Обеспечить постоянство высоты строя практически невозможно из-за меняющихся в течение года климатических температурно-влажностных условий. Надо учитывать, в каких условиях работает данный конкретный инструмент и какие требования к нему предъявляются.

Для концертных инструментов, занятых в оркестрах или ансамблях, строй должен постоянно подерживаться в частоте $ля^1$ 440 Гц, а иногда даже на 3—5 Гц выше, чем 440 Гц, из-за специфики оркестрового (или ансамблевого) звучания.

Совсем другие требования предъявляются к домашнему инструменту, где не бывает совместной игры с аккордеоном или баяном и т. п. Здесь строй может быть и чуть выше, и чуть ниже.

Надо знать, что обычный камертон настройщика, с помощью которого идет настройка или проверка высоты строя инструмента, имеет допуск ($440 \pm 0,5$) Гц (см. ГОСТ на пианино 24262-89, п. 3.1). Из этого следует, что, настраивая инструмент всегда точно в камертон, мы все-таки неизбежно получаем высоту строя ($440 \pm 0,5$) Гц.

О НАСТРОЙКЕ СТАРЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Инструменты, которым всего 15 — 20 лет, находящиеся в хорошем состоянии, без трещин в опорных частях, должны быть настроены в камертон $ля^1 = 440$ Гц.

Инструменты, которым более 25 — 35 лет, с трещинами в опорных частях, в камертон настраивать уже нельзя, т. к. могут резко раскрыться трещины и появятся большие деформации, что приведет к большому ремонту. Строй таких инструментов можно поправить, выровнять, темперировать, но не поднимать. Но прежде чем начинать эту работу, надо еще убедиться в прочности посадки вирбелей; если окажется что много вирбелей слабых и они забиты уже до упора в чугунную раму и больше не подбиваются, то браться за работу опасно и рискованно. Риск состоит в том, что без наличия нужного опыта замены вирбелей и без достаточного запаса вирбелей разного диаметра настройку, может быть, и не удастся довести до конца.

Прочность посадки вирбелей проверяют в основном величиной усилия, прилагаемого к рукоятке настроечного ключа. Другого способа у настройщиков нет. Если при подтягивании струны ключом приходится нажимать на рукоятку ключа (длиной 30 см) с силой не менее 2,5—3 кг, то посадка вирбеля считается хорошей, прочной. При меньшем прилагаемом усилии посадка вирбеля считается слабой и ненадежной. В таком случае требуется подбивка вирбеля молотком, а если он уже забит до конца и больше не подбивается, то следует поставить другой вирбель большего диаметра.

Для подбивки вирбеля пользуются специальным подбойником с вогнутой полусферой на конце.

О ТЕМПЕРАЦИИ ПониЖЕННОГО СТРОЯ

Раньше мы говорили о том, что в самом начале настройки фортепиано нужно иметь эталоны 7 б/с и 8 б/с; по этим эталонам производится сравнение других биений. Освоившись с температурией пониженного строя, настройщик начинает более ясно осознавать, что существуют и другие эталоны, на которые раньше просто не обращалось внимание. Например, все музыканты знают, что октавы должны быть точными, квинты — суженными, а кварты — расширенными; это их постоянные эталоны. Становясь настройщиком, музыкант начинает познавать и другие эталоны.

Вот эти важные эталоны, существующие постоянно, ни от кого и ни от чего не зависящие, в том числе и от высоты строя инструмента.

1. Равенство биений в кварте и квинте, расположенных в одной октаве (табл. 3), когда кварта внизу.

2. Равенство биений в малой терции и большой сексте, расположенных в одной октаве (табл. 3), когда терция внизу.

3. Равенство биений в большой терции и большой терции через одну октаву и даже через две октавы (см. табл. 3).

4. Приближенное равенство биений (на слух биения равны) в большой сексте и двух больших терциях, расположенных в пределах этой большой сексты (с. 11, "Чему учит таблица 3").

5. Приближенное равенство биений (на слух биения равны) в малой терции и большой терции, отстоящих друг от друга на 1 и на 1,5 тона (с. 11, "Чему учит таблица 3").

6. Небольшая разница в биениях в малой терции (чуть больше) и в большой терции (чуть меньше) в любом минорном трезвучии. Эта разница в биениях всегда должна улавливаться на слух (с. 12)

7. Наличие в пределах большой сексты двух больших терций и одной малой терции (особый контроль со звездочкой), которые дают заметное на слух нарастание чисел биений (см. "Первый план", п. 7).

8. Эталонный точный контроль настройки: проигрывание вверх и вниз по полутонам в пределах области темперирования четырех септаккордов и других интервалов. Такое проигрывание должно давать плавное, едва заметное на слух изменение частоты биений в интервалах (см. с. 17 и 22, "Главный контроль").

Не все перечисленные восемь эталонов известны тем настройщикам фортепиано, которые используют в своей работе только кварты, квинты и октавы. Поэтому настройщик, работающий по биениям в интервалах, находится в более выгодных условиях, и вместе с тем он находится в более строгих условиях, т. к. перечисленные эталоны — это ведь и требования, которые должны обязательно выполняться настройщиком.

С этой точки зрения вся настройка фортепиано по биениям характеризуется как настройка по строгим эталонам и поэтому может называться эталонной настройкой; она отвечает самым высоким требованиям музыкантов-исполнителей (регулировку механики здесь не рассматриваем).

Для выполнения темперации пониженного строя пользуются любым из четырех планов настройки, приведенных ранее. В основе этих планов, как известно, лежит один и тот же принцип сравнения биений в интервалах.

Пригодна ли здесь таблица 3 и как ею пользоваться? Да, она универсальна и пригодна во всех случаях.

Если, например, *ля*¹ звучит на полтона ниже, т. е. как *ля-бемоль*¹, тогда мысленно весь первый вертикальный столбец табл. 3, где указаны наименования звуков, сдвигаем вверх на одну строку*. В примере на с. 14 в терции и дециме будем вместо 6,9 б/с иметь 6,5 б/с. А если *ля*¹ звучит на тон ниже, т. е. как *соль*¹, тогда биения по всем интервалам возьмем из табл. 3 двумя строками выше. Для примера на с. 14 это будет 6,175 б/с (округленно 6 б/с). Но, как уже известно, числа сами по себе, т. е. их абсолютные величины, никакой роли не играют.

Фактически числа биений нужны только для того, чтобы, глядя на запись этих чисел, можно было сделать одно из двух заключений: либо такое, что в двух сравниваемых интервалах в процессе настройки мы должны явно услышать равные по скорости биения, поскольку табличные числа для этих интервалов равны между собой; либо, в другом случае, нужно сказать, что в данных двух сравниваемых интервалах мы во время настройки должны ясно услышать разные характеры (скорости) биений, поскольку табличные числа биений для этих интервалов отличаются друг от друга (например, 7 и 8 б/с или 12,2 и 13 б/с). Раньше уже было сказано, что в работе мы не просто сравниваем два интервала по их биениям, но фактически настраиваем один интервал по другому точному интервалу (см. Первый план, п. 7, 9), и настройка ключом продолжается до тех пор, пока не сравняются на слух биения в обоих интервалах (или, в другом случае, пока биения в настраиваемом интервале не будут отличаться на слух от биений в точном интервале (см. с. 13).

Итак, с чего же начинается выполнение темперации пониженного строя?

С определения, насколько ниже камертонной высоты звучит данный инструмент. Поскольку табличные числа биений мы округляем, то и величину понижения строя можем определить с помощью камертона приближенно, не точнее, конечно, четверти тона.

Для тех, кто делает темперацию по первому или второму планам (см. выше), первым шагом является настройка аккорда *ре — фа — ля — ре*¹. Здесь потребуется эталон 6 б/с, который приобретается так же, как было рекомендовано на с. 13. Для эталона 7 б/с требовались семь слогов: "пе-ре-да-ча-му-зы-ки" или какие-то другие, а для эталона 6 б/с нужны шесть слогов, например: "не-пе-ре-да-ва-ли" или что-то подобное. Все остальное идет точно так же, как было описано в пла-

* См. об этом на с. 36 п. 6, 8.

нах настройки, с небольшой лишь заменой чисел биений по табл. 3; но эта замена чисел не должна беспокоить настройщика, т. к. величина чисел практически не влияет ни на приемы настройки, ни на ее последовательность. Принципы настройки по биениям остаются те же.

У тех, кто работает по третьему или четвертому плану настройки, проведение темперации в пониженном строе также не должно вызывать никаких особых затруднений, т. к. уменьшение табличных чисел биений в интервалах и в этом случае не влияет ни на принципы, ни на последовательность настройки.

Поэтому и считается, что умение выполнять темперацию пониженного строя не является показателем какого-то особого, принципиально нового опыта настройщика. Нет, приемы и методы настройки все те же, прежние, только немного обогащенные.

О ВЫПОЛНЕНИИ ТЕМПЕРАЦИИ ПОВЫШЕННОГО СТРОЯ

Желательно предварительно еще раз прочитать материал под заголовком "О настройке старых инструментов", т. к. многие затронутые там вопросы непосредственно переходят в эту тему.

Мы уже знаем, что если одна колеблющаяся струна имеет 441 Гц, а другая — 440 Гц, то между ними возникают биения в количестве $441 - 440 = 1$ б/с (см. с. 7).

Как получить частоты колебаний 441 — 445 Гц? Поступаем так: первую струну в хоре настраиваем точно на 440 Гц по камертону. Заглушив третью струну, настраиваем вторую по первой сначала в унисон, потом перетягиваем ее до появления нужного количества биений (1—5 б/с). После проработки материала "О тренировке слуха" (см. с. 13) совсем нетрудно будет произносить за секунду: "раз", "раз-два", "раз-два-три" и т. д. и по этой скорости проговаривания чисел синхронно настроить частоту биений 1 б/с, 2 б/с, 3 б/с и т. д. Далее, заглушив первую струну, настраиваем третью в унисон со второй. Потом настраиваем в унисон и первую струну.

Посмотрим, каково будет увеличение чисел биений в интервалах по сравнению с таблицей 3.

	Высота строя $ля^1$				
	441 Гц	442 Гц	443 Гц	444 Гц	445 Гц
Коэффициент увеличения	$441:440 = 1,0023$	$442:440 = 1,0045$	$443:440 = 1,007$	$444:440 = 1,009$	$445:440 = 1,011$
Процент увеличения	$0,23\% \approx 0,25\%$	$0,45\% \approx 0,5\%$	$0,7\% \approx 1\%$	$0,9\% \approx 1\%$	$1,1\% \approx 1\%$

Для примера возьмем высоту $ля^1 = 443$ Гц (т. е. 3 б/с в сравнении с камертоном). Предположим, что темперирование выполняется по первому плану (см. с. 14).

Рассмотрим шаги темперирования по этому плану и будем делать сравнения по биениям при строе $ля^1 = 440$ Гц (табл. 3) и $ля^1 = 443$ Гц.

1-й шаг. Настройка октавы $ля$ — $ля^1$.

Биения в терции $фа$ — $ля$.

(табл. 3)+увеличение на 1%

$$фа — ля \quad 6,93 \times 1,01 = 6,93 + \frac{6,93}{100} = 7 \text{ б/с}$$

по табл. 3	$ля^1=443$ Гц	разницы нет
6,93 б/с	7 б/с	

2-й и 3-й шаг и.

Биения в кварте — квинте: $ля$ — $ре^1$ — $ля^1$.

$$ля — ре^1 \quad 0,995 \times 1,01 = 0,995 + \frac{0,995}{100} = 1,01 \text{ б/с}$$

по табл. 3	$ля^1=443$ Гц	разницы нет
0,995 б/с	1,01 б/с	

$$ре^1 — ля^1 \quad - 0,993 \times 1,01 = - (0,993 + \frac{0,993}{100}) = - 1,01 \text{ б/с}$$

по табл. 3	$ля^1=443$ Гц	разницы нет
0,993 б/с	- 1,01 б/с	

Биения в минорном трезвучии:

$$re \text{ --- } фа \quad -7,925 \times 1,01 = - \left(7,925 + \frac{7,925}{100} \right) = - 8 \text{ б/с}$$

$$фа \text{ --- } ля \quad 7 \text{ б/с (см. выше)}$$

Биения в сексте $фа \text{ --- } re^1$:

$$фа \text{ --- } re^1 \quad 7,92 \times 1,01 = 7,92 + 0,08 = 8 \text{ б/с}$$

по табл. 3	ля ¹ =443 Гц	разницы нет
- 7,925 б/с	- 8 б/с	
по табл. 3	ля ¹ =443 Гц	разницы нет
7,92 б/с	8 б/с	

Дальше можно не продолжать. Вывод простой: изменения в количестве биений по сравнению с таблицей 3 в разных интервалах так малы, что они практически никакого влияния на ход настройки оказать не могут, и поэтому проводить темперацию повышенного строя надо так же, как для строя 440 Гц по любому из четырех планов, предварительно установив нужную (требуемую) высоту строя от 441 Гц до 445 Гц, как это было показано выше*.

ВИДЫ НАСТРОЙКИ ФОРТЕПИАНО

Первый вид

Это настройка профилактического характера без повышения общей высоты звучания инструмента (ля¹ звучит почти в камертон).

Требуется восстановить унисонное звучание отдельных струн внутри хоров и в интервалах. В зависимости от степени нарушения строя настройку проводят или с темперированием звукоряда, или без темперирования, но лучше все-таки с темперированием.

Второй вид

Это настройка с повышением общей высоты звучания до камертонной высоты.

В результате длительного постепенного вытягивания струн и частичной деформации опорных конструкций (фугора, чугунной рамы, вирбельбанка) происходит общее понижение звучаний всех тонов диапазона фортепиано. В этом случае требуется выполнение полной настройки с повышением общего звучания инструмента до камертонного с темперированием звукоряда.

Повышение общей тональности больше чем на полтона обязывает производить настройку два раза, причем вторую настройку --- не раньше чем через несколько дней после первой. В перерыве между настройками происходит частичное вытягивание струн и некоторая деформация опорных частей. А если инструмент звучит ниже камертонной высоты на целый тон или даже еще ниже, да к тому же у него слабые вирбели, тогда не исключено, что может потребоваться и третий подход к инструменту с целью исправления возможных отдельных погрешностей в строе.

Практика настройщиков говорит о том, что нельзя поднимать общий строй за один раз больше чем на полтона, лучше это сделать за два раза с перерывом, чтобы струны могли обтянуться, а опорные конструкции --- принять устойчивое равновесие.

Третий вид

Это настройка после снятия струн и смены вирбелей, но без ремонта чугунной рамы. При этом выполняется предварительная настройка струн --- цвиковка, или грубая обтяжка еще совсем не вытянувшихся струн. Цвиковку струн делают с завышением строя против камертонного на полтона.

Четвертый вид

Это настройка после ремонта струн и чугунной рамы. Выполняется четырехкратно: цвиковка, первая настройка, вторая настройка и третья --- чистовая. На все это требуется приблизительно двадцать суток.

Пятый вид

Это настройка после замены всего комплекта старых струн новыми. Продолжительность процесса удлинится до полутора месяцев (а если струны очень хорошего качества, то до трех недель).

Одно только перечисление видов настройки и их краткая характеристика должны, во-первых, подсказать начинающему настройщику, за что он может и за что не должен браться во избежание

* Примечание: в некоторых случаях, при наличии частых затяжных сезонов с повышенной влажностью воздуха, фортепиано имеет тенденцию к общему повышению строя до 8, 9, 10 Гц. О проведении профилактической темперации (не для концерта) такого повышенного строя см. с. 36, п. 8.

всевозможных неприятностей, а во-вторых, заставить его относиться очень скромно к своим начальным успехам на сложном поприще настройки фортепиано.

НЕСКОЛЬКО ПРАКТИЧЕСКИХ СОВЕТОВ НАЧИНАЮЩИМ НАСТРОЙЩИКАМ

1. Ставить ключ на вирбель нужно глубоко (до отказа), рукоятка — слева от вертикали (для пианино).

2. Поворачивать рукоятку ключа следует медленно и плавно, без рывков. Локоть правой руки настройщика должен упираться в форбаум при настройке рояля или в верхнюю откинутую крышку при настройке пианино (высокого, не малогабаритного).

3. Настройку каждой струны (!) нужно доводить и заканчивать поворачиванием ключа по часовой стрелке; но для создания более устойчивого положения вирбеля и уменьшения перенапряжения в струне на участке ее от вирбеля до порожка следует на вирбель слегка нажать ключом в обратном направлении, ни в коем случае не поворачивая и не сгибая его. Обычно этот нажим в обратную сторону делают, держа рукоятку ключа не всей кистью, а одним только указательным пальцем.

4. Вирбели нельзя наклонять вниз и вообще изгибать ключом; их можно и нужно только поворачивать! Надо всегда помнить, что любое сгибание вирбеля не обеспечивает длительного сохранения строя инструмента!

5. Действуя ключом, не следует допускать лишних поворотов и рывков вирбеля, т. к. это приводит к ослаблению его посадки.

6. По окончании настройки струны ключ следует снимать с вирбеля осторожно и только движением вдоль оси вирбеля, чтобы не нарушить его положения.

7. При настройке звуков в унисон, в октаву и других интервалов характер звучания струн и биения прослушивают при свободном положении ключа, т. к. в момент самого поворота ключа вирбель и струна не имеют устойчивого положения.

8. Не следует забывать, что строй старых инструментов, оказавшийся ниже камертонного звучания, при настройке нужно поднимать (если это в принципе возможно, см. с. 26) постепенно, за два-три раза, по возможности дав инструменту какую-то выдержку между настройками.

9. Если при выполнении настройки появились поспешность, небрежность, нервозность, то работу надо приостановить и привести себя в порядок, успокоить нервы, по возможности устранить причины расстройств.

Настройка — это не простой механический труд. Это творческий процесс, которому должны сопутствовать спокойная рассудительность, уверенность в правоте принимаемых решений и в действиях; настройщик никогда не должен соблазняться выполнить работу кое-как, на авось, лишь бы скорее. Это может привести к плохим последствиям и потому недопустимо. Одно из верных правил гласит: всегда выполняй работу как можно лучше.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ФОРТЕПИАНО

Как уже было сказано раньше, при настройке температуры нужны: настроенный ключ, камертон *ля*¹ 440 Гц и клинки из жесткой резины, из войлока (фильцевые) или деревянные с приклеенной на концах замшей.

При настройке старых инструментов требуются дополнительно такие инструменты: ключ для удаления сломанных вирбелей, молоток и подбойник для посадки вирбелей, струномер (калибр, микрометр) для определения диаметра струны, крючок для подъема колец на вирбелях, хорейзен для планировки струн по хорам, кусачки, отвертки, плоскогубцы.

О РЕГУЛИРОВКЕ МЕХАНИКИ

На пианиста-исполнителя и на слушателя, сидящего в зале, хорошая настройка фортепиано, — когда говорят, что инструмент поет, — производит неизгладимое впечатление.

Но бесперебойная устойчивая работа инструмента во многом зависит от качества регулировки клавишно-молоточкового механизма (механики). Для пианиста отрегулированная механика значит очень много. Она обеспечивает ровное и неутомительное сопротивление всей клавиатуры. Она дает одинаковую глубину клавишей по всему диапазону. Налаженный механизм мгновенно реагирует на прикосновение пальцев к клавиатуре, способен безотказно воспроизводить любые оттенки испол-

нительской техники. Вот что может быть при хорошей регулировке механики и чего не бывает при плохой регулировке, и тут уж даже самая отличная настройка струн не спасает дело.

Виды работ по регулировке механики сложны и разнообразны. Чтобы узнать, что и как надо делать, необходимо окончить специальные курсы по регулировке механики.

Быть регулировщиком — это значить быть и по образованию, и по увлеченности просто механиком. Не каждый человек, имеющий музыкальный слух, способен разобраться в конструкции сложного механизма, где взаимодействуют множество деталей с точнейшей подгонкой их друг к другу. Поэтому нередко существуют своеобразные тандемы, когда в одной паре одновременно работают: один человек со слухом — настройщик струн, определяющий тембровые качества звука, ровность звука и прочее, и другой человек, хорошо знакомый с клавишно-молоточковым механизмом и полностью отвечающий за всю регулировку механики.

И все-таки есть простейшие операции регулировки, которые выполняются перед началом настройки и доступны любому и каждому настройщику. Вот эти операции:

Выравнивание молотков по хорам.

Часто при плохих эксплуатационных условиях (очень сухой воздух, зимние сквозняки, инструмент расположен рядом с печью или горячими батареями) крепежные шурупы молотков ослабевают, и тогда молоток бьет не по всем струнам своего хора или задевает струны соседнего хора. В этом случае вставляем отвертку в прорезь крепежного шурупа молотка, совсем ослабляем шуруп, потом левой рукой ставим молоток точно по струнам хора и закрепляем шуруп отверткой.

Проверка пилотов и регулировка шпилерлюфта.

Пилотные головки должны располагаться строго вертикально и точно центрироваться по фигурным выступам. Шпилерлюфт — это зазор (люфт) между головками шпилеров (шпилер — толкающий рычажок, приводящий в движение молоток) и шультерными выступами, когда молотки лежат в исходной позиции на пальстере (на длинной подушке).

Высоту пилотных головок надо отрегулировать так, чтобы молотки лежали на пальстере, и малейшее прикосновение к клавишам должно сопровождаться стративанием молотков с места. По Техническим условиям допускается люфт в 0,5 мм.

Недопустима тугая посадка шпилеров, когда шультерные выступы буквально сидят на шпилерах. Это вызывает проскакивание шпилеров при игре и, как следствие, западание клавишей.

Посадку шпилеров проверяют, ударяя пальцами по клавишам у основания пилотов. Если молотки при этом подрагивают, значит, они сидят на шпилерах и пальстера не касаются; надо опустить головки пилотов.

Регулирование ауслезирования.

Клавишу медленно нажимают пальцем левой руки и наблюдают за движением молотка к струнам. Нормальным моментом срыва молотка от выхода шпилера из-под шультерного выступа считается, когда молоток на 4 мм не дойдет до линии удара по струнам в басу и на 2 — 3 мм в дискантовом регистре.

Такое выключение регулируют подвинчиванием ауслезерных пупок специальным ауслезерным ключом. Иногда приходится давать более раннее выключение до 5 мм, иначе молотки начинают дрожать и прижиматься к струнам. Но надо знать и то, что ранний контакт шпилера с ауслезерной пупкой значительно утяжеляет игру, делает ее вязкой.

Для регулировки механики существуют специальные инструменты.

Заключение

В заключение хочется сказать приступившим к изучению и освоению нового способа настройки фортепиано: дерзайте! Не робейте! Вы на правильном пути!

Конечно, придется потрудиться, придется быть настойчивым и терпеливым, но затраченные усилия и труд себя вполне оправдают.

Недалеко уже то время, когда настройка фортепиано по биениям в терциях и секстах станет общепризнанной.

Рояль, настроенный по биениям и звучащий в зале на концерте, привлекает к себе слушателей так же, как скрипка или виолончель Страдивари с ее удивительно благородным, красивым, почти человеческим голосом.

Когда играл выдающийся пианист Владимир Горовиц, лицо его излучало радость и восхищение не только от исполняемой им музыки, но еще и от того, что рояль его так чудно и певуче звучал. Такое же особенное, приподнятое настроение испытывали и слушатели концертов В. Горовица. И если у других слушателей, на других концертах пианистов, не появлялось подобного удовольствия и восхищения, то большая доля вины в этом лежала на настройщике рояля, не сумевшем настроить рояль так, чтобы он чарующе запел в зале.

Настройщики, работающие по старому методу — только по квинтам и квартам, никогда не смогут одухотворить звук рояля, сделать его певучим, как бы они того ни хотели! Это подтверждает практика настройки концертных роялей в России вплоть до 70—80-х годов нашего века.

Кто-то спросит: почему же многие настройщики до сих пор продолжают работать по-старому и не переходят на более современные методы настройки, дающие значительно лучшие результаты?

Ответ простой. Во-первых, потому, что всякая "перестройка" идет всегда с трудом и сопротивлением. Мешает инерция мышления. Во-вторых, у большинства настройщиков нет соответствующих знаний и опыта. Кроме того, не хватает заинтересованных пропагандистов и распространителей этих новых знаний и опыта. Вот почему еще очень мало настройщиков работают по новому методу. Но все-таки постепенно их становится все больше и больше.

Значимость настройки фортепиано по биениям в терциях и секстах трудно переоценить. Эта настройка по-особому вдохновляет пианиста на хорошую игру, и она же способствует духовному возвышению громадного количества рядовых слушателей, испытывающих после концертов радостное чувство приобщения к миру прекрасных звуков; эти слушатели поднимаются на несколько ступенек выше в своих ощущениях, мыслях и настроениях.

Хочется надеяться, что данное пособие поможет как молодым, так и опытным настройщикам овладеть прогрессивным методом настройки фортепиано.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 2. Стандартные числа колебаний звуков

Приложение 1

Наименование звуков	Стандартные числа колебаний звуков, Гц		
	О к т а в ы		
	<i>Субконтр</i>	<i>Контр</i>	<i>Большая</i>
<i>До</i>		32,7032	65,4064
<i>До-диез</i>		34,6478	69,2957
<i>Ре</i>		36,7081	73,4162
<i>Ре-диез</i>		38,8909	77,7817
<i>Ми</i>		41,2034	82,4069
<i>Фа</i>		43,6536	87,3071
<i>Фа-диез</i>		46,2493	92,4986
<i>Соль</i>		48,9994	97,9989
<i>Соль-диез</i>		51,9131	103,8262
<i>Ля</i>	27,5000	55,0000	110,0000
<i>Ля-диез</i>	29,1352	58,2705	116,5409
<i>Си</i>	30,8677	61,7354	123,4708

Наименование звуков	Стандартные числа колебаний звуков, Гц					
	О к т а в ы					
	<i>малая</i>	<i>первая</i>	<i>вторая</i>	<i>третья</i>	<i>четвертая</i>	<i>пятая</i>
<i>до</i>	130,8128	261,6256	523,2511	1046,5023	2093,0045	4186,0090
<i>до-диез</i>	138,5913	277,1826	554,3653	1108,7305	2217,4610	
<i>ре</i>	146,8324	293,6648	587,3295	1174,6591	2349,3181	
<i>ре-диез</i>	155,5635	311,1270	622,2540	1244,5079	2489,0159	
<i>ми</i>	164,8138	329,6276	659,2551	1318,5102	2637,0205	
<i>фа</i>	174,6141	349,2282	698,4565	1396,9129	2793,8259	
<i>фа-диез</i>	184,9972	369,9944	739,9888	1479,9777	2959,9554	
<i>соль</i>	195,9977	391,9954	783,9909	1567,9817	3135,9635	
<i>соль-диез</i>	207,6523	415,3047	830,6094	1661,2188	3322,4376	
<i>ля</i>	220,0000	440,0000	880,0000	1760,0000	3520,0000	
<i>ля-диез</i>	233,0819	466,1638	932,3275	1864,6550	3729,3101	
<i>си</i>	246,9417	493,8833	987,7666	1975,5332	3951,0664	

Интервальный коэффициент, на который умножается каждый последующий полутон, равен $i = \sqrt[12]{2} = 1,05946309436$

Таблица 3. Стандартные числа биений в интервалах

Наименование		Числа биений в секунду в интервалах, интервалы вверх от указанного в таблице звука				
Октавы	Звук (Г ₁)	Квинта	Кварта	Большая секста	Б. терция, то же через октаву и через 2 октавы	Малая терция
м а л а я	<i>ре</i>	- 0,497	0,663	6,65	5,82	- 7,92
	<i>ре-диез</i>	- 0,527	0,703	7,05	6,18	- 8,39
	<i>ми</i>	- 0,557	0,745	7,47	6,54	- 8,88
	<i>фа</i>	- 0,591	0,789	7,92	6,93	- 9,42
	<i>фа-диез</i>	- 0,623	0,837	8,38	7,34	- 9,98
	<i>соль</i>	- 0,663	0,885	8,88	7,78	- 10,57
	<i>соль-диез</i>	- 0,702	0,938	9,41	8,24	- 11,19
	<i>ля</i>	- 0,745	0,995	9,98	8,73	- 11,87
	<i>ля-диез</i>	- 0,789	1,052	10,57	9,25	- 12,57
	<i>си</i>	- 0,836	1,115	11,19	9,80	- 13,30
п е р в а я	<i>до</i>	- 0,884	1,182	11,85	10,38	- 14,10
	<i>до-диез</i>	- 0,938	1,252	12,56	11,00	- 14,93
	<i>ре</i>	- 0,993	1,325	13,30	11,65	- 15,84
	<i>ре-диез</i>	- 1,053	1,405	14,10	12,34	- 16,78
	<i>ми</i>	- 1,115	1,488	14,93	13,08	- 17,78

Таблица составлена для темперированного строя со стандартной частотой тона $ля^1 = 440$ Гц.

Способ составления Таблицы 3

Приводимый ниже материал (кроме п. 8) не является обязательным для настройщика-практика. Материал труден для восприятия, т. к. насыщен математическими вычислениями. Он приводится с целью доказательства достоверности чисел биений в интервалах в таблице 3.

1. На с. 6 было показано, каким способом составлена таблица 2. Из таблицы видно, что хроматические полутоны отличаются друг от друга по частоте колебаний в i раз, где $i = \sqrt[12]{2} = 1,05946309436$. Значит, в промежутке в два полутона (большая секунда) частота колебаний будет отличаться в $i \times i = i^2$ раз; в промежутке в три полутона (малая терция) — в i^3 раз; для кварты — в i^4 раз; для квинты — в i^5 раз; для октавы — в i^{12} раз, т. е. точно в 2 раза.

$i = 1,059463$	$i^7 = 1,498307$
$i^2 = 1,122462$	$i^8 = 1,587401$
$i^3 = 1,189207$	$i^9 = 1,681793$
$i^4 = 1,259921$	$i^{10} = 1,781797$
$i^5 = 1,334840$	$i^{11} = 1,887749$
$i^6 = 1,414214$	$i^{12} = 2,000000$

2. Частоту колебаний в Гц верхнего звука (B) интервала можно определить по частоте колебаний нижнего звука интервала (H). Обозначим основной тон нижней струны интервала, т. е. основание интервала, как Γ_1^H . Тогда, например, у кварты верхний звук Γ_1^B , отстоящий на 5 полутонов, будет иметь частоту $\Gamma_1^B = \Gamma_1^H \times i^5$; у квинты верхний звук будет иметь частоту $\Gamma_1^B = \Gamma_1^H \times i^7$; у большой сексты $\Gamma_1^B = \Gamma_1^H \times i^9$; у октавы $\Gamma_1^B = \Gamma_1^H \times i^{12} = \Gamma_1^H \times 2$.

3. В пояснениях к таблице 1 были показаны комбинации совпадающих гармоник для разных интервалов. Вот эти комбинации:

Интервал	Количество полутонов	Совпадающие гармоники	
		Для верхней струны (звука) интервала	Для нижней струны (звука) интервала
Квинта	7	Γ_2^B	Γ_3^H
Кварта	5	Γ_3^B	Γ_4^H
Б. терция	4	Γ_4^B	Γ_5^H
М. терция	3	Γ_5^B	Γ_6^H
Б. секста	9	Γ_3^B	Γ_5^H

4. В конкретных примерах подсчета биений в интервалах (см. с. 8—10) было показано, что фактически число биений N в интервале равно разности чисел колебаний у верхней и нижней совпадающих гармоник:

квинта	$N = \Gamma_2^B - \Gamma_3^H$	
кварта	$N = \Gamma_3^B - \Gamma_4^H$	
большая терция	$N = \Gamma_4^B - \Gamma_5^H$	(см. с. 8)
малая терция	$N = \Gamma_5^B - \Gamma_6^H$	(см. с. 10)
большая секста	$N = \Gamma_3^B - \Gamma_5^H$	(см. с. 8)

5. Окончательно равенства для подсчета биений в интервалах в соответствии с п. 4 и 2 будут иметь такой вид:

Для квинт

$$N = \Gamma_1^n \times 2 - \Gamma_1^n \times 3 = \Gamma_1^n \times i^7 \times 2 - \Gamma_1^n \times 3 = \Gamma_1^n \times (i^7 \times 2 - 3) = \Gamma_1^n \times (-0,0033858)$$

$$N = \Gamma_1^n \times (-0,0033858) \quad (1)$$

Для кварт

$$N = \Gamma_1^n \times 3 - \Gamma_1^n \times 4 = \Gamma_1^n \times i^5 \times 3 - \Gamma_1^n \times 4 = \Gamma_1^n \times (i^5 \times 3 - 4) = \Gamma_1^n \times 0,0045196$$

$$N = \Gamma_1^n \times 0,0045196 \quad (2)$$

Для больших терций

$$N = \Gamma_1^n \times 4 - \Gamma_1^n \times 5 = \Gamma_1^n \times i^4 \times 4 - \Gamma_1^n \times 5 = \Gamma_1^n \times (i^4 \times 4 - 5) = \Gamma_1^n \times 0,0396842$$

$$N = \Gamma_1^n \times 0,0396842 \quad (3)$$

Для малых терций

$$N = \Gamma_1^n \times 5 - \Gamma_1^n \times 6 = \Gamma_1^n \times i^3 \times 5 - \Gamma_1^n \times 6 = \Gamma_1^n \times (i^3 \times 5 - 6) = \Gamma_1^n \times (-0,0539644)$$

$$N = \Gamma_1^n \times (-0,0539644) \quad (4)$$

Для больших секст

$$N = \Gamma_1^n \times 3 - \Gamma_1^n \times 5 = \Gamma_1^n \times i^9 \times 3 - \Gamma_1^n \times 5 = \Gamma_1^n \times (i^9 \times 3 - 5) = \Gamma_1^n \times 0,0453780$$

$$N = \Gamma_1^n \times 0,0453780 \quad (5)$$

Вывод: в темперированном строе, независимо от высоты строя, числа биений N в интервалах определяются путем умножения частоты колебаний основания интервала (Γ_1^n) на постоянный коэффициент для данного интервала. Частоты колебаний оснований интервалов для стандартного строя ($\text{ля}^1 = 440$ Гц) берут из таблицы 2. При повышенном или пониженном строе следует руководствоваться указаниями п. 8 (см. ниже).

Примеры

Определить числа биений N_1 и N_2 в квартах *соль* — *до*¹ и *соль-диез* — *до-диез*¹.

Кварта *соль* — *до*¹

Из равенства (2) $N_1 = 195,9977 \times 0,0045196 = 0,886$ б/с (см. табл. 3), здесь $\Gamma_1 = 195,9977$ Гц по табл. 2 для *соль* малой октавы.

Кварта *соль-диез* — *до-диез*¹

$N_2 = 207,6523 \times 0,0045196 = 0,938$ б/с (см. табл. 3), здесь $\Gamma_1 = 207,6523$ Гц по табл. 2 для *соль-диез* малой октавы.

6. Посмотрим, чему равны отношения чисел биений двух соседних интервалов в табл. 3, например в квартах N_2 и N_1 .

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{207,6523 \times 0,0045196}{195,9977 \times 0,0045196} = 1,059463 = i \text{ (увеличение на } 5,94 \approx 6\%)$$

То есть в табл. № 3 при полутоновом повышении (или понижении) одноименных интервалов числа биений в них изменяются на такой же коэффициент $i = 1,059463$, как и в табл. № 2 (см.), только в табл. № 2 это было для чисел колебаний звуков, а в табл. 3 — для чисел биений в интервалах.

7. Числа биений в интервалах в табл. 3 подсчитаны по равенствам (1) — (5) из п. 5 при общем контроле с помощью коэффициента $i = 1,059463$.

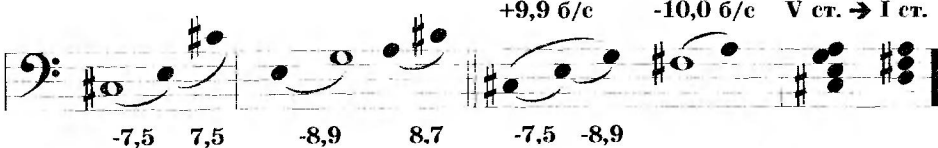
8. Пригодна ли табл. 3 в случае, когда инструмент звучит приблизительно на четверть тона (на **8, 9, 10 Гц**) выше или ниже стандартного $\text{ля}^1 = 440$ Гц и требуется настройка профилактического характера, т. е. с выполнением темперации, но без изменения высоты строя? В этом случае числа биений в интервалах из табл. 3 пришлось бы умножать (или делить) не на полутоновый 6%-ный коэффициент $i = 1,059463$ (по п. 6), а на четвертьтоновый коэффициент, равный $\sqrt{i} = \sqrt{1,059463} = 1,0293$, или даже на еще меньший коэффициент.

Но при умножении табличных чисел биений в интервалах на коэффициенты 1,01 и 1,02 (как было показано на с. 28), изменения в этих числах оказываются настолько малыми и несущественными, что на практике этими изменениями можно пренебречь, и поэтому темперацию повышенного или пониженного в указанных пределах строя следует проводить по тем же планам, что и для строя $\text{ля}^1 = 440$ Гц, используя табл. 3 без всяких корректировок.

**О контроле выполнения темперации
с помощью биений в уменьшенных квинтах**

Таблица 3 составлена для пяти наиболее употребительных интервалов, используемых настройщиками при выполнении темперации; в эту таблицу не включены сравнительно редко используемые уменьшенные квинты. Однако хорошо слышимые биения в этих квинтах могут дать настройщику надежный дополнительный контроль темперации.


Биения в уменьшенных квинтах подсчитываются так же, как было показано на с. 8—10 (совпадающие гармоники Γ_5 и Γ_7 , см. табл. 1).

1. 

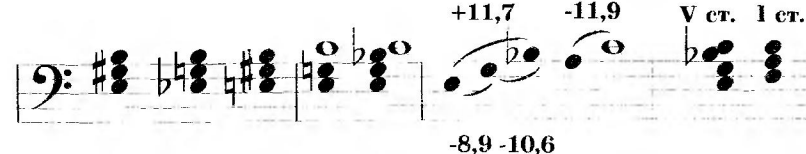
Обращаем внимание на следующее.

Биения в уменьшенных квинтах, как правило, не настраиваются, а только проверяются и сравниваются, а именно: они должны быть больше на 1 б/с, чем у верхней (второй) малой терции; в приведенном нотном примере это соотношение $9.9 : 8.9$ б/с (см. также и в других нотных примерах ниже). Кроме того, биения в уменьшенной квинте должны быть на слух равны биениям в последующей малой терции, принадлежащей другому (разрешающему) аккорду (V ступень — I ступень). В первом нотном примере это 9.9 б/с ≈ 10.0 б/с; см. также и в других нотных примерах.

Биения в трех взаимосвязанных интервалах — в двух малых терциях и в уменьшенной квинте — образуют как бы замкнутый круг, разорвать который нельзя, т. к. нельзя нарушить соотношение биений в терциях ($7.5 : 8.9$) и нельзя нарушить соотношение биений в уменьшенной квинте и в верхней малой терции ($9.9 : 8.9$). При соблюдении всех перечисленных выше условий (требований) и обеспечивается более надежный контроль настройки интервалов.

2. 

3. 

4. 

5. 

6.

+13,1 -13,3 V ст. I ст.

-10,0-11,9

Нотные примеры 1 и 2 могут являться новым вариантом продолжения настройки по Первому плану после п. 6. В этом случае звуки малой октавы: *до-диез*, *соль*, *фа-диез*, *си-бемоль* и *ля-бемоль* просто и надежно настраиваются и одновременно хорошо контролируются.

Нотные примеры 3 и 4 также показывают, как могут быть в ином варианте проконтролированы и настроены оставшиеся звуки *ми-бемоль*, *си* и *до¹* из п. 9 на с. 16–17.

Пример к с. 17

В этом месте п. 9 напрашивается контроль настройки звука *ре-диез* малой октавы по уменьшенной квинте.

+11,05 б/с -11,2 б/с V ст. → I ст.

-8,4 -10,0 +8,7 б/с

(см. с. 12, случай 2б, г)

Контроль состоит в том, что на слух обязательно должны быть выдержаны три условия (требования):

- 1) равенство биений $8,4 \approx 8,7$ б/с
- 2) нарастание биений $- 8,4 : 10,0 : 11,05$ б/с
- 3) равенство биений $- 11,05 \approx 11,2$ б/с

Построение септаккорда *ре-диез* — *фа-диез* — *ля* — *до-диез¹* (с последующим переводом *до-диез¹* в *си*) является логическим естественным продолжением контроля со звездочкой в предыдущем такте п. 9.

Пример к с. 16 и с. 18, п. 3

Такой же контроль по уменьшенной квинте можно провести и в п. 7 на с. 16 при настройке звука *си-бемоль*.

+11,7 б/с -11,9 б/с V ст. → I ст.

-8,9 -10,6 9,2 б/с

(см. с. 12, случай 2б, г)

Те же обязательные три условия (требования):

- 1) равенство биений $- 8,9 \approx 9,2$ б/с
- 2) нарастание биений $- 8,9 : 10,6 : 11,7$ б/с
- 3) равенство биение $- 11,7 \approx 11,9$ б/с

Звук *до¹* надежно контролируется по третьему условию.

Итак, биения в уменьшенных квинтах и связанные с ними биения в малых терциях дают возможность обнаруживать и исправлять самые малые неточности в настройке интервалов.

Главный контроль (с. 17, п. 10) становится еще более надежным, когда в число прослушиваемых интервалов включают и уменьшенные квинты и, кроме того, включают проверку по второму условию (требованию), указанному выше на с. 38.

Уменьшенные квинты могут принимать участие и в видоизмененном главном контроле, в котором большие сексты и большие терции заменены на малые сексты и малые терции.

Числа биений в малых секстах (11,6; 11,0 и т.д.) подсчитываются так же, как было показано в примерах на с 8—10. Совпадающие гармонии — Γ_5 и Γ_8 .

Заметим, что раньше на с 26—27 были приведены эталоны, которыми руководствуются настройщики при выполнении темперации. Теперь, к тем 8 эталонам, добавим еще 2 эталона:

1. Приближенное равенство биений (на слух биения равны) в малой сексте и в двух малых терциях, расположенных в пределах этой малой сексты (см. ноты выше на с.39).

2. Равенство биений в малой сексте и в большой терции, расположенных в пределах одной октавы (секста внизу). Например:

ре-диез — си 9,8 б/с и си — ре диез¹ — 9,8 б/с (см. табл. 3),
фа — ре-бемоль¹ 11,0 б/с и ре-бемоль¹ — фа¹ — 11,0 б/с (см. табл. 3).

В заключение предложим план настройки темперации с участием малых секст и уменьшенных квинт.

Пояснения к буквам а), б)... и т. д.:

а) настройку аккорда см. на с. 14-15, п.п. 1—4;

б) надо слышать нарастание биений 7,9→9,2→10,6 б/с;

в, д) равенство на слух биений 9,2—8,9—8,7 и 8,2—7,9—7,8 б/с;

слышать нарастание биений в восьми малых терциях: до-диез 7,5 ми 8,9 соль 10,6 си-бемоль и си 6,6 ре 7,9 фа 9,4 ля-бемоль;

слышать нарастание биений в четырех уменьшенных квинтах: си 8,8 фа; до 9,4 фа-диез; до-диез 9,9 соль; ре 10,4 ля-бемоль;

е) при настройке в октаву звуков си, до¹ и до-диез¹ надо использовать равенство биений в интервалах:

— в малой терции и большой сексте (см. с. 10 и 14);

— в кварте и квинте;

— в малой сексте (внизу) и большой терции (см. выше на с. 39).

Настройщик, который освоил и применяет в своей работе этот дополнительный оригинальный контроль, становится уже специалистом высокого уровня, способным обеспечивать идеальную настройку темперации.

Содержание

Предисловие	3
Часть первая. НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ	4
О спектре музыкального звука	4
О Таблице 1 расположения гармоник	4
О равномерно-темперированном строе	6
О биениях в интервалах	7
Примеры подсчета биений	8
О Таблице 3 стандартных чисел биений в интервалах	11
О квинтах и квартах	12
О прослушивании биений	12
О сравнении биений на слух	13
О тренировке слуха	13
О настройке интервалов по биениям	13
Часть вторая. НАСТРОЙКА ФОРТЕПИАНО	14
Планы настройки области темперирования при $ля^1 = 440$ Гц	14
<i>Первый план настройки</i>	14
<i>Второй план настройки</i>	18
<i>Третий план настройки</i>	19
<i>Четвертый план настройки</i>	22
Сколько существует планов настройки?	23
Что настраивают после выполнения темперации?	23
Настройка басового регистра	24
Настройка дискантового регистра	24
О надежности (стабильности) настройки	25
О настройке старых инструментов	26
О темперации пониженного строя	26
О выполнении темперации повышенного строя	28
Виды настройки фортепиано	29
Несколько практических советов начинающим настройщикам	30
Инструменты для настройки фортепиано	30
О регулировке механики	30
Заключение	32
Приложения	33
Приложение 1. Таблица 2. Стандартные числа колебаний звуков	33
Приложение 2. Таблица 3. Стандартные числа биений в интервалах	34
Приложение 3. Способ составления Таблицы 3	35
Приложение 4. О контроле выполнения темперации с помощью биений в уменьшенных квинтах	37