

## О тяжелой и легкой клавиатуре

С проблемой слишком легкой или, наоборот, тяжелой клавиатуры фортепианному мастеру приходится сталкиваться нередко. Между тем, методическая и справочная литература, а также и фирменные руководства ограничиваются здесь только рекомендацией свинцевать клавиши до получения стандартного статического веса нажатия (далее — СВН). Этого во многих случаях оказывается недостаточно. Встречаются инструменты, в которых СВН явно великоват, а по ощущению клавиатура комфортна. Реже встречается и обратная ситуация. И нередко вывешенная по стандарту клавиатура оказывается при игре слишком тяжелой или слишком легкой, а часто — и неровной по диапазону в отношении тяжести-легкости. Отсюда ясно, что СВН — это только один из факторов, определяющих характер туше (франц. *toucher* — играть на клавишном инструменте), есть и другие факторы, о которых в известной мне литературе не упоминалось или упоминалось лишь вскользь.

Лишь недавно, в 4-м номере журнала «Европиано» за 2007 г., была опубликована статья Боба Хохфа, прямо посвященная нашей теме, под названием «Свинцевание клавиш и характер туше». Автор провел небольшое исследование с целью выяснить влияние массы переднего конца клавиши рояля на ощущение тяжести-легкости клавиатуры, испытываемое пианистом при игре. Выводы, к которым пришел Б.Хохф, заметно отличаются от привычных представлений о роли и значении свинца в клавишах роялей.

Принято считать, что пломбы в передней части рояльной клавиши предназначены только для компенсации веса молотка и фигуры, давящих на задний конец клавиши через пилот. Расчет компенсации исходит из получения стандартного СВН величиной около 50 гс. Это значит, что гирька массой 50 г, установленная на передний конец клавиши, должна медленно опустить ее до момента соприкосновения пятки шпилера с ауслёзерной пупкой (демпфер при этом испытании должен быть поднят правой педалью и не мешать движению клавиши). Если это условие выполняется на всех клавишах инструмента, считается, что проблема игрового веса на нем решена. Б.Хохф в своей статье показал, что все не так просто, а кое в чём — и просто не так. И хотя его выводы были получены на специально построенной модели и не могут быть полностью перенесены на клавишно-молоточковый механизм (далее — КММ) рояля, а тем более пианино, эти выводы во многом объясняют суть проблемы игрового веса фортепиано, его туше.

В эксперименте использовалась большая деревянная «клавиша», приводимая в движение силой определенной величины. Электронный датчик измерял ускорение клавиши. Массу клавиши можно было изменять, привинчивая к ней дополнительные грузы — аналог свинца в передке клавиши рояля. Сила, разгонявшая клавишу, также менялась. Всего было 5 градаций силы и 4 — массы клавиши. Результаты измерений автор представил в виде графиков.

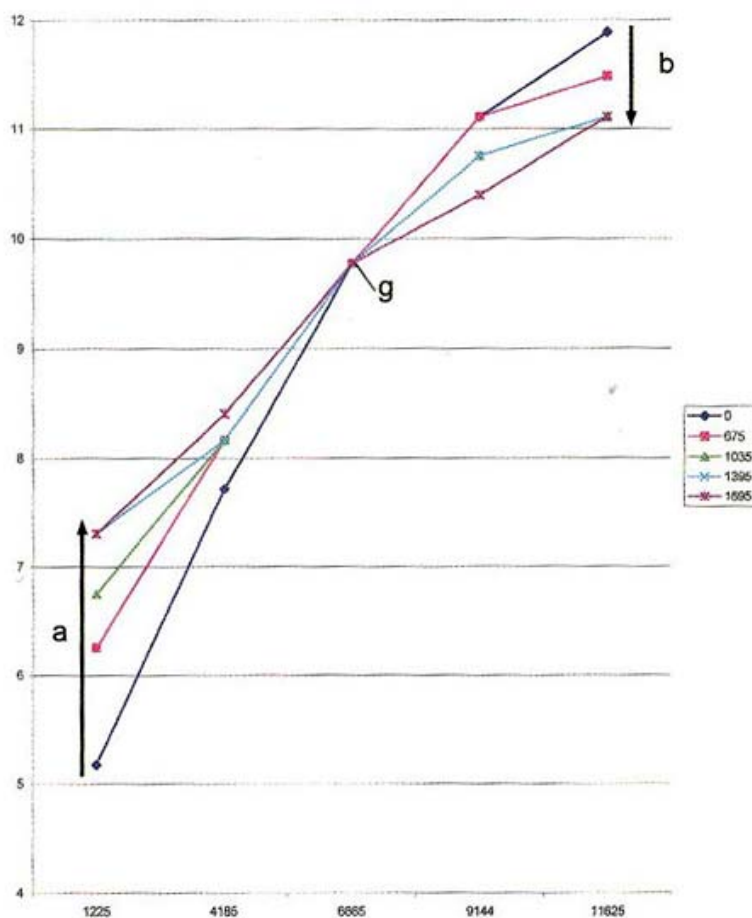


Рис. 1. Зависимость ускорения от силы удара для клавиш разной массы.

Оказалось, что легкая клавиша под действием малой силы разгоняется более «лениво», чем тяжелая. Собственный вес тяжелой клавиши помогал ей падать вниз при малой силе воздействия. Напротив, при большой силе удара легкая клавиша ускорялась сильнее тяжелой: в последней ее собственная масса препятствовала разгону. На графике кривые более легких клавиш наклонены круче тяжелых. Линии графиков поведения клавиш разной массы при разных силах воздействия пересекаются в точке, соответствующей ускорению свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ , в которой ускорение не зависело от массы клавиши. Сославшись на английского исследователя, ранее установившего, что ускорение клавиш фортепиано в нюансе *mf* близко к этому значению, автор делает вывод, что его модель отражает реальную физику нажатия клавиш пианистом.

Дальнейшие выводы Б.Хохфа можно кратко изложить следующим образом. Если в передке клавиш много свинца, то тихая игра затрудняется тем, что сила нажатия слишком мала и находится ниже пределов контроля пианиста (?). Громкая игра тоже затруднена большим инерционным сопротивлением массы свинца. Если же передок клавиши легкий, то сила нажатия в пиано возрастает (?), а фортефортиссимо достигается без усилий.

Однако у тяжелой клавиши есть преимущество: градации силы нажатия между соседними нюансами достаточно широки и удобно контролируются, динамика хорошо управляется, легко получаются ровные динамические «горизонтالي» и плавные подъемы и спады. Напротив, при легких клавишах удержать ровную динамическую горизонталь или сделать плавное крещендо или диминуэндо для пианиста сложно: малейшее изменение силы нажатия отзывается резким изменением громкости звука.

Как станет ясно из дальнейшего, кое-что в эксперименте Б.Хохфа и его выводах не соответствует свойствам фортепианных клавиш (отмечено выше знаками «?»). Но уже за то, что было им сделано, он заслуживает нашей благодарности.

Укажем коротко, в чем Б.Хохф был не прав. Его экспериментальные кривые пересекались в точке  $9,81 \text{ м/с}^2$ , но в фортепиано кривые зависимости громкости от силы нажатия при различной массе клавиш, но равном СВН, не пересекаются, а исходят из одной точки: СВН плюс некоторый минимум, необходимый, чтобы подбросить молоток до самого слабого контакта со струной для получения минимального звука. Независимо от инерционной массы КММ, если СВН стандартный (50 гс), звук начинается примерно с силы нажатия 60 гс. Различия туше начинают ощущаться только при более громких нюансах, при этом на легкой клавиатуре *fff* достигается при умеренной силе удара, а на тяжелой — при силе, порой превышающей физические возможности пианиста.

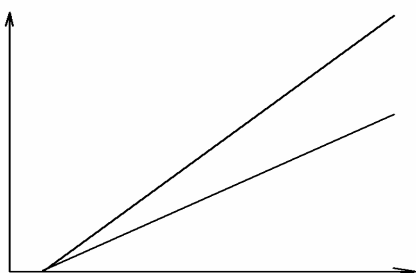


Рис. 2. Та же зависимость в реальном фортепиано.

Второй же вывод Б.Хохфа вполне справедлив. Действительно, легкая клавиатура позволяет пианисту экономить силы в форте, но чревата неровностями громкости на динамических горизонталях, подъемах и спадах. Тяжелая — хоть и требует больших физических усилий в форте и тем самым утомляет пианиста, но зато позволяет ему комфортно управлять динамикой звука во всем диапазоне от *ppp* до *fff*. Оптимум, по-видимому, находится где-то посередине и может быть изменена в ту или иную сторону соответственно предпочтениям пианиста.

При этом крутизна характеристики инструмента в координатах «сила на клавише — громкость звука» однозначно отражает ощущения пианиста: крутой подъем графика — легкая клавиатура, пологий подъем — тяжелая клавиатура.

Однако попробуем теперь разобраться во всем комплексе факторов, определяющих характер туше фортепиано. Таких факторов можно насчитать по меньшей мере пять:

1. Трение в осях и сочленениях КММ.
2. Статический вес нажатия клавиши.
3. Инерционное сопротивление всех движущихся масс КММ.
4. Зависимость громкости звука от скорости молотка в момент удара по струнам (определяемая свойствами молотка, то есть управляемая интонировкой).
5. Акустические свойства самого инструмента (качество молотков и деки) и помещения, в котором установлен инструмент.

Из перечисленного здесь, управление пятым фактором почти не подвластно фортепианному мастеру. Но управлять первыми четырьмя мы можем. Рассмотрим их подробнее по порядку.

### 1. Трение в КММ.

Если трение в осях и сочленениях КММ неоптимально, заниматься регулировкой игрового веса бессмысленно. Минимум трения необходим для хода клавиши по штифтам клавиатурной рамы. Там желателен даже небольшой люфт с расчетом на возможное разбухание сукна при повышении влажности. К минимуму трения нужно стремиться и в точке контакта пилота с пяткой фигуры и шпилера с барабанчиком (в пианино — выступом шультера). Минимум здесь достигается правильной геометрией и взаимным расположением деталей. Дополнительно уменьшить трение в этих точках можно применением сухих смазок (графит, тефлон, дисульфид молибдена).

Что же касается капсюлей, то здесь нужен не минимум, а оптимум. Слишком легкий ход капсюля, особенно в молотках, обязательно скоро перейдет в люфт и проявит себя пристукиванием при игре, а слишком тугой даст дополнительную тяжесть, ощущение «тупости» клавиатуры, а главное, не позволит ни правильно отрегулировать механику, ни вывесить клавиши. В книге К.-Й. Форсса «Регулировка механики пианино и роялей» можно найти эти оптимальные значения.

Есть и еще один довод против слишком малого трения в осях. Пианист вызывает не только к определенному весу нажатия, но и к весу отпускания клавиши, точнее, к определенной силе ее удержания в нажатом положении с поднятым демпфером и звучащими струнами. Если трение в осях слишком мало, клавиша может преодолеть эту силу, подняться сама вместе с пальцем пианиста и раньше времени опустить демпфер на струны, заглушив звук. Для кантилены, особенно в полифонической фактуре, это очень неприятно. В дешевых моделях электропиано с излишней силой подъема клавиши пианисту приходится бороться.

Будем считать, что трение в КММ у нас оптимально. Если это не так, то перед началом работ по вывешиванию клавиатуры мы должны привести трение к оптимуму. Не забудьте при этом и о трении в капсюлях демпферов.

### 2. Теперь — о статическом весе нажатия клавиш.

В большинстве фирменных руководств по регулировке фортепиано рекомендуется СВН в пределах 47-52 г, одинаковый по диапазону или плавно уменьшающийся в указанных пределах от басов к дискантам. Можно с уверенностью считать, что эта величина на данном историческом этапе эволюции фортепиано оптимальна, и ее следует принять как норму.

Из чего складывается СВН? В рояле и пианино слагаемые СВН различны. Начнем с рояля.

Со знаком плюс в СВН клавиши рояля входят: приведенный к концу клавиши вес головки молотка, вес фигуры и заднего конца клавиши. Если не нажата правая педаль, примерно с середины хода молотка сюда присоединяется приведенный вес демпферного узла.

Со знаком минус — приведенный вес переднего конца клавиши и приведенная сила компенсационной пружины, поддерживающей фигуру. (Приведенный вес — это собственный вес деталей КММ, ощущаемый в точке нажатия на клавишу и действующий на нее через систему рычагов КММ.)

Большинство источников указывают передаточное число КММ фортепиано 5 : 1. Это неверно. Указанное значение взято, по-видимому, из ошибочного представления о том, что передаточное число соответствует отношению «штейнунг / друк клавиши». Реальное измеренное значение отношения «ход молотка / ход клавиши» в разных механиках хороших пианино и роялей колеблется от 6,1 : 1 до 6,7 : 1. Отсюда следует, что для басовых молотков рояля их собственный вес порядка 10 г на конце клавиши даст примерно 60 г СВН плюс приведенный вес фигуры около 20 г. Итого — 80 г. В крайних дискантах вес молотка примерно 5 г, что дает 30 г приведенного веса, плюс 20 г веса фигуры. Итого — 50 г. Таким образом, для получения стандартного СВН в басах необходимо компенсировать до 30 г приведенного веса, а в дискантах компенсация не нужна. В середине диапазона мера компенсации плавно уменьшается в соответствии с уменьшением массы головок молотков.

Есть два способа привести чрезмерный СВН рояля к норме: 1) вставить пломбы в передок клавиши, 2) использовать компенсационную пружину. Пружины обычной конструкции в капсуле фигуры способны компенсировать не только вес самой фигуры, но и часть веса молотка, так что хорошая пружина дает возможность полностью отказаться от свинца в клавишах даже басового регистра. Нужно ли это — другой вопрос, который мы решим позже, в практической части. Недостаточный СВН можно увеличить, уменьшив вес пломб в передке клавиши или ослабив пружину. Забегая несколько вперед, отмечу, что добавление или изъятие части свинца из клавиши меняет как СВН, так и инерционное сопротивление всего КММ, а изменение силы компенсационной пружины на инерционности механизма не сказывается. Это различие позволяет добиться оптимального значения СВН и инерционного сопротивления одновременно.

В отличие от рояля, в пианино вес молотков очень мало сказывается на СВН, поскольку их головки движутся здесь почти горизонтально. Основная доля приведенного веса здесь падает на вес фигуры, который в пианино больше, чем в рояле. Поэтому развеска свободных клавиш здесь делается близкой к равновесию, чаще с

небольшим перевесом заднего конца (около 5-10 г приведенного СВН) или, реже, переднего (примерно столько же). Определенную долю вносит в СВН пианино-шультерная пружина. Но ее вклад невелик, и возможности изменения неудачного СВН и регулировки туше здесь практически ограничены только использованием свинца.

3. Инерционное динамическое сопротивление всего КММ, приведенное к точке нажатия на клавишу.

При проверке СВН гирьками и при тихой игре ускорения деталей КММ очень малы, и их инерционность никак не ощущается пианистом. Но чем громче нюанс, тем сильнее проявляется этот фактор в виде тяжести клавиатуры. Дело в том, что если приведенный вес молотка и фигуры на величину СВН влияет прямо пропорционально отношению рычагов, то массы деталей на момент инерции влияют пропорционально квадрату этих отношений. Однако очевидно, что менять отношения рычагов и массы молотков и фигур мы не можем. Единственная деталь в фортепианной механике, массу и распределение массы в которой мы можем изменять — это клавиша.

4. Зависимость громкости звука от скорости молотка в момент удара, с точки зрения интонировки, была рассмотрена в моей статье об интонировке. Коротко напомню главное для нас сегодня. Зависимость эта может иметь разную форму, как показано на рис. 3. Здесь по горизонтали отложены градации силы удара, а по вертикали — результирующая громкость.

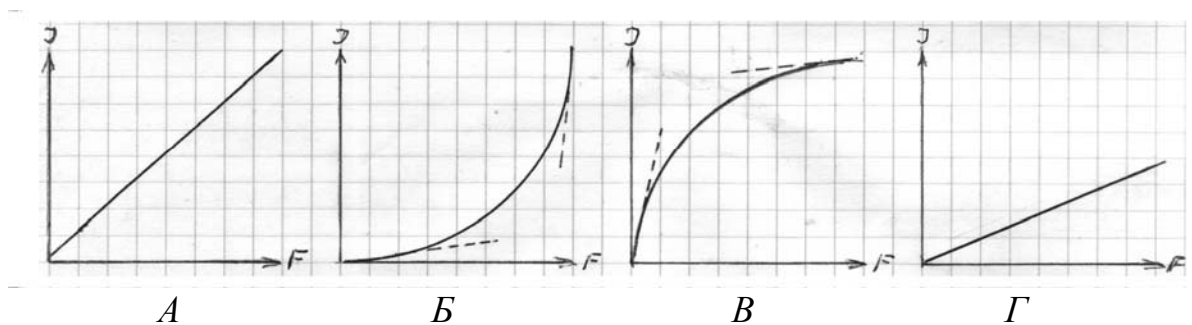


Рис. 3. Зависимость громкости от скорости молотка при разных механических свойствах его фильца.

Как видим, и в рамках сегодняшней темы мы оперируем той же самой зависимостью между теми же самыми величинами: сила нажатия клавиши и громкость звука. Среди представленных четырех графиков B и V относятся только к тонкостям интонировки, но сопоставление графиков A и Г с учетом сказанного выше ясно показывает, что клавиатура A определенно более легкая, а клавиатура Г — более тяжелая, что имеет к нашей теме самое прямое отношение. Иначе говоря, интонировка также может быть средством регулирования характера туше.

Итак, мы теоретически рассмотрели все четыре подвластных регулировке фактора, которые воздействуют на характер туше фортепиано. Переходим к практическим вопросам и начнем с рояля. (Еще раз напомним о необходимости оптимального трения во всех капсюлях и сочленениях КММ.)

Прежде всего нужно хорошо поиграть на рояле самому и попросить пианистов, играющих на нем, оценить степень тяжести или легкости его клавиатуры. Далее следует проверить величину СВН.

Получив эти данные, мы должны решить, что делать дальше. Но решение должно исходить именно из сочетания имеющегося СВН и оценки туше рояля в его исходном состоянии. Наша цель — получение стандартного СВН и одновременно — комфортного и ровного по диапазону туше.

Допустим, СВН велик, туше тяжелое. Добавление свинца в передок клавиш здесь противопоказано: оно только увеличит инерционность КММ, а значит, и тяжесть клавиатуры, хотя и приведет СВН к стандарту. Значит, в этом случае правильным решением будет усиление компенсационных пружин и, возможно, удаление части имеющегося свинца в передках клавиш.

Другой вариант: СВН недостаточен, туше тяжелое. Здесь самое разумное — убирать часть свинца из передков клавиш: СВН соответственно возрастет, а инерционность КММ уменьшится, клавиатура станет легче.

Третий вариант: СВН велик, клавиатура легкая. Можно смело добавлять свинец в передки клавиш, что позволит избавиться от обеих неприятностей.

Четвертый вариант: СВН мал, клавиатура легкая. Здесь можно уменьшить силу компенсационных пружин, но возможно и добавление свинца в задний конец клавиш, что будет еще эффективнее, поскольку добавит как статического веса, так и инерционного сопротивления клавиатуре.

Из сопоставления приведенных четырех рекомендаций понятна логика принятия решения: основной приоритет — довести СВН до нормы. Но сделать это нужно, одновременно изменив в правильном направлении туше.

Для пианино возможности управления обоими параметрами (СВН и туше) более ограничены. Единственная пружина, сопротивляющаяся нажатию клавиши — это слабая шультерная пружина, вклад которой в общую величину СВН невелик, а возможности изменения ее силы еще меньше. Поэтому все проблемы тяжелой или легкой клавиатуры в пианино приходится решать свинцом, и притом с большой осторожностью. Рассмотрим и здесь те же четыре варианта сочетания СВН и туше.

1. СВН велик, туше тяжелое. Надо убирать свинец из заднего конца клавиш. Но при этом желательно оставить прежнюю развеску клавиш: в свободном состоянии они должны по-прежнему опираться либо на клавиатурный польстер, либо на друкшайбу, то есть так, как было заложено в конструкции пианино изначально. При желании (и согласии владельца пианино) допустимо здесь изменить классическую («заднюю») развеску на противоположную, облегчив задние концы всех клавиш настолько, чтобы они в свободном состоянии сами ложились на друкшайбу. Но при этом придется повозиться с регулировкой бентиков и левой педали.

2. СВН мал, туше тяжелое. По логике вещей в этом случае следует уменьшать вес передка клавиш, но в пианино свинец здесь не встречается, высверливание древесины малоэффективно, а к тому же опасно для клавиши. Увеличение силы шультерной пружины также почти ничего не даст. Этот случай для пианино можно признать самым неприятным.

3. СВН велик, туше легкое. Можно добавить пломбы в передок клавиш, следя за сохранением исходной развески. Возможна и смена развески всей клавиатуры с классической на «переднюю», как в п. 1.

4. СВН мал, туше легкое. Добавляем свинец в задний конец клавиш. Можно дополнительно слегка усилить шультерные пружины.

Нередко ради утяжеления туше усиливают пружины демпферов. Этого лучше не делать, так как резкие перепады туше при нажатии-отпуске правой педали сделают игру еще менее комфортной.

Важное дополнительное замечание.

При свинцевании клавиш крайне желательно добиться плавного уменьшения инерционного сопротивления клавиш от басов к дискантам. Измерить это сопротивление сложно, поскольку гирька способна оценить только СВН, но не момент инерции клавиши. Выше была упомянута квадратичная зависимость момента инерции от соотношения рычагов, то есть в случае пломбы в клавише — от расстояния от штифта вагебанка до пломбы. И если с точки зрения СВН одна пломба в 10 г на расстоянии 10 см и пломба в 20 г на расстоянии 5 см — это одно и то же, то в динамическом режиме 10-граммовая пломба будет инерционно сопротивляться разгону клавиши вдвое сильнее, чем 20-граммовой. Это обстоятельство обязательно нужно учитывать во избежание «разнобоя» инерционного сопротивления соседних клавиш, никак не обнаруживаемого гирьками. Самое лучшее, если в соседних клавишах одного цвета количество, масса и расположение пломб будет одинаковым или близким, а изменения по диапазону в этом отношении — по возможности плавными. Это позволит избежать неровностей туше, обусловленных различиями инерционного сопротивления клавиш. А возникающие при этом неровности СВН лучше устранять регулировкой силы компенсационных пружин.

И последнее. Дополнительно «подогнать» туше к желаемому состоянию можно интонировкой. Основательное прокалывание молотков по всем зонам непременно утяжелит туше, пропитка молотков сделает клавиатуру более легкой.

В заключение хочу добавить, что в отличие от настройки, интонировки, регулировки механики и чистки, которые инструменту требуются довольно часто, свинцевание клавиатуры делается едва ли не один раз на всю жизнь инструмента. И хотя работа по вывешиванию и регулировке инерционного сопротивления клавиш фортепиано достаточно трудоемка и требует основательного обдумывания, точности и тщательности, — результаты этой работы, то есть удобство исполнения и управляемость динамики при игре будут радовать пианистов долгие годы.

*Алматы — Новосибирск, август 2011 г.*