

Родионов Геннадий Сергеевич

студент I курса направления «Музыкально-инструментальное искусство» (магистратура)
Тамбовского государственного музыкально-педагогического института
им. С.В. Рахманинова

Научный руководитель:

Косарева Юлия Васильевна

кандидат искусствоведения, старший преподаватель кафедры оркестровых струнных,
духовых и ударных инструментов Тамбовского государственного музыкально-
педагогического института им. С.В. Рахманинова

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ФЛЕЙТЫ Т. БЁМА

С древних времён до начала XIX века поперечная флейта прошла длительный период развития, в течение которого её конструкция непрерывно совершенствовалась, исполнители и мастера вносили в неё различные механико-акустические изменения. В первое тридцатилетие XIX века (до реформы Т. Бёма) в исполнительской практике бытовали семи- девяти-клапанные деревянные флейты с обратноконической внутренней формой сечения ствола, преимущественно закрытыми клапанами с деревянными подставками и расположением игровых отверстий, более соответствующим чистому строю, нежели равномерно-темперированному. Усилия мастеров уже не могли преодолеть недостатки этих инструментов в плане улучшения качества звучания, строя, технических возможностей. Требовался кардинально новый подход к построению механики и акустических параметров флейты. Эта задача была выполнена немецким флейтистом Теобальдом Бёмом, который создал модель флейты, с течением времени прочно вошедшую в исполнительскую практику и вытеснившую инструменты других мастеров.

Теобальд Бём (1794–1881) родился в Мюнхене, где в ювелирной мастерской своего отца научился работать с металлом и мелкими деталями. Навыки работы в мастерской позволили ему уже в возрасте 14 лет производить опыты по изготовлению флейт.

Первым учителем Т. Бёма по игре на флейте, у которого он занимался 2 года, был солист Мюнхенской придворной оперы И. Капеллер. В результате кропотливых занятий Т. Бём уже в 18 лет играл в оркестре, а в 22 года получил место первой флейты в Мюнхенском Королевском оперном театре.

Помимо работы в оркестре, флейтист много гастролировал в Германии, Австрии, Швейцарии. Параллельно с исполнительской деятельностью Т. Бём работал в двух мюнхенских мастерских, что позволило ему совершенствовать свои навыки и набраться практического опыта в изготовлении флейт. В течение этого времени Т. Бём регулярно приобретал инструменты современных ему мастеров с целью анализа их достоинств и недостатков, а также измерения технических параметров, что в последствии несомненно пригодилось ему для построения собственной флейты. В 1829 году Т. Бёму удалось открыть собственную мастерскую, в которой он первоначально

проводил ряд экспериментов над флейтой старой системы. Важнейшим достижением этого периода стало изобретение нового шарнирно-винтового механизма крепления клапанов и круглых опор, который почти без изменений используется в настоящее время на деревянно-духовых инструментах.

В 1831 году в Лондоне Т. Бём познакомился с английским флейтистом Ч. Николсоном, который добился более объёмного звучания инструмента посредством увеличения диаметра игровых отверстий, и со швейцарским флейтовым мастером Дж. Гордоном, который применял в своих инструментах кольцевые клапаны, открытые клапаны и использовал увеличение диаметра игрового отверстия для звука *e*. В результате знакомства с этими новшествами, Т. Бём пришёл к выводу о необходимости создания кардинально новой флейтовой механики, взамен идеи об усовершенствовании инструментов старой системы.

Вернувшись из Лондона, в 1832 году Т. Бём построил флейту с собственной механикой. Эта модель в целом имела коническую форму, как и другие современные ему инструменты, но головка и нижнее колено флейты были цилиндрическими. Уже на данном инструменте Т. Бём применил новую механику, способствовавшую удобству и лёгкости игры. В основу была положена система аппликатуры с кольцевыми клапанами, разработанная в конце 1831 года. Т. Бём внёс изменения в местоположение некоторых звуковых отверстий. Например, отверстие *cis* было перенесено значительно выше, в связи с чем управление им осуществлялось при помощи комбинированного клапана. Уже на инструменте 1832 года все клапаны, кроме *Dis*, имели изначально открытое положение (*Dis* при игре, за исключением звуков *d*, *c¹*, *cis¹* также использовался в открытом положении). Новая клапанная механика позволила управлять во время игры 14 звуковыми отверстиями при помощи 9 пальцев. В результате расположение звуковых отверстий с точки зрения поступательного звукоряда стало последовательным и удобным, что значительно облегчило техническую сторону игры на флейте, позволив свести к минимуму использование вилочных аппликатур. При помощи увеличения диаметра звуковых отверстий Т. Бём улучшил акустические свойства инструмента. Таким образом, новая система аппликатуры и улучшение акустических параметров инструмента привели к более качественному интонированию и обогатили тембр флейты.

Признания своего нового инструмента флейтист добился во время гастролей по Франции и Англии в 1833 году. Тем не менее при попытке «продвижения» новой флейты среди мастеров и исполнителей Т. Бём натолкнулся на неприятие своих новшеств, что на тот момент было обусловлено рядом причин (Примеч. 1).

Модель 1832 года, несмотря на несомненные достоинства, не была лишена и определённых недостатков: неровность тембра (звучания) верхнего регистра, слабое звучание нижнего, интонационные погрешности ряда звуков. Однако в силу личных и профессиональных обстоятельств Т. Бём вернулся к дальнейшей работе над конструкцией флейты только в 1845 году. Последующие два года кропотливой работы, в процессе которой Т. Бём

использовал как практические эксперименты, так и научные вычисления (параллельно работе над флейтой изучал акустику под руководством профессора физики К. Э. фон Шафхойтля), увенчались появлением новой модели инструмента, ход работы над которой подробно изложен мастером в первой части трактата «Флейта и игра на флейте» («*Die Flöte und das Flötenspiel*», 1871) [7].

На пути к построению своей реформаторской модели флейты мастер должен был решить множество задач, связанных с акустическими особенностями звукообразования. В первую очередь Т. Бём установил, что многие проблемы и недостатки инструмента 1832 года являются следствием обратноконической внутренней формой канала. Таким образом, одной из важнейших и первостепенных задач для Т. Бёма стало выяснение оптимальных размеров инструмента, формы внутреннего сечения канала и пропорций диаметра канала флейты по отношению к его длине. Для экспериментов в этой области в 1846 году он подготовил большое количество конических и цилиндрических трубок из различных металлов и пород дерева. Этот эксперимент показал, как влияет материал на строй, лёгкость звучания и качество звука, и какой размер и внутренняя форма канала больше подходит для извлечения основных тонов. В результате Т. Бём сформулировал следующие тезисы [7, с. 6–7]:

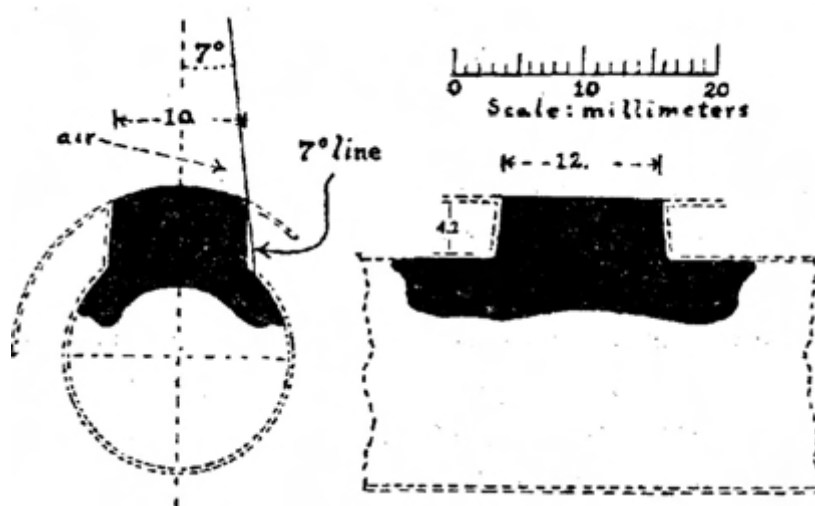
1. Устойчивость, полнота и стройность основных тонов пропорциональна объёму колеблющегося воздуха.
2. Изменение размеров в верхней части флейты (головки) в сторону увеличения или уменьшения влияет на строй инструмента и чистоту октав.
3. Изменение, указанное в п. 2, должно быть в такой геометрической пропорции, которая максимально приближает внутреннюю форму головки к форме параболы.
4. Чтобы звукоизвлечение и звукообразование были лёгкими, длина цилиндра инструмента должна иметь величину равную тридцати диаметрам цилиндра с сужением в верхней части на одну десятую цилиндра.

Таким образом, был сделан вывод, что цилиндрическая флейта длиной 606 мм и диаметром в 20 мм с диапазоном в две октавы будет иметь наиболее чистый звук и лёгкость звукоизвлечения. Чтобы увеличить диапазон инструмента до трёх октав и ради чистоты верхних звуков Т. Бёму пришлось уменьшить диаметр цилиндра инструмента до 19 мм, что несколько ухудшило звучание в первых двух октавах. В 1867 году Т. Бём писал: *«Я сделал несколько флейт с диаметром в 20 мм, что на один мм больше чем обычно; звук в первых двух октавах стал лучше, но, конечно, в третьей октаве не был так хорош. Я свободно играл до c^3 , но от fis^3 ноты извлекались с трудом, и если мои губы не были в надлежащей форме, я не мог играть верхние звуки на рiано. Флейта, как соло, так и в оркестре, рассматривается в качестве следующего высокого инструмента после рiссоло, поэтому диаметр 19 миллиметров, безусловно, лучший для общих*

целей» [7, с. 7–8].

Следующая проблема, над которой работал Т. Бём, была связана с установкой пробки в головке инструмента. Расстояние от центра лабиума до заглушки могло увеличиваться или уменьшаться пропорционально высоте каждого тона. Следовало найти среднюю величину для наилучшего звучания верхних и нижних звуков. Поиск этой величины, в итоге составившей 17 мм (при стабильности губного аппарата позволяла сохранять чистоту интонации во всех регистрах), осуществлялся эмпирическим путём.

При работе над усовершенствованием конструкции своего инструмента Т. Бём придавал большое значение размеру и форме лабиального отверстия в соотношении с амбушюром исполнителя. Столб воздуха, попадающий в лабиум, разделяется на два потока: первый проходит мимо края лабиального отверстия, а второй, более мощный, ударяется об его нижнюю грань под углом, который меняется с каждым звуком, создавая колебания и завихрения внутри цилиндра. Чем больше и устойчивее завихрения, тем сильнее и чище играемый звук. Т. Бём приходит к выводу, что отверстие между губами музыканта, где происходит формирование воздушного столба, должно быть в виде вытянутого прямоугольника с закруглёнными углами. Это позволяет сформировать длинный и узкий столб воздуха, который будет эффективнее, чем сформированный овальным или круглым отверстием аналогичного размера. По этой же причине такое прямоугольное отверстие позволит более точно и ясно передавать динамические оттенки с меньшими энергозатратами и бóльшим удобством для исполнителя. Исходя из этих соображений, Т. Бём сделал лабиум 12 миллиметров в длину и 10 миллиметров в ширину с глубиной в 4,2 миллиметра, угол среза внутренней стенки губной подставки составил 7 градусов. Эксперименты показали, что именно эти значения наиболее подходят для качественного звукообразования.



Форма и размеры лабиального отверстия

Весьма трудоёмким и затратным по времени оказался процесс поиска максимально точного, с позиций равномерно-темперированного строя,

расположения звуковых отверстий на стволе инструмента и их оптимальных размеров. При этом благодаря ранее сделанной механике дальность расположения звуковых отверстий друг от друга и от лабиума с технической стороны не имела значения, так как управление отверстиями могло осуществляться с помощью клапанов-связок.

Сначала Т. Бём пытался выяснить длину волн, соответствующую интервалам в первой октаве. Самым простым способом найти данные значения было укоротить трубку на столько, чтобы длина звучащего тела (столб воздуха) внутри соответствовала звукам хроматической гаммы. Поперечная флейта не может состоять из множества трубок разной длины. Игровые отверстия, соответствующие определённым звукам, размещаются на одном теле. Т. Бём сконструировал трубку со скользящим шарниром, по бокам которой были просверлены отверстия в соответствии с размерами, полученными экспериментально (эти отверстия определяются соотношением между диаметрами отверстия и трубки), чтобы точно проверить все двенадцать тонов.

В результате экспериментов с шарнирным инструментом он выяснил следующее [там же, с. 12]:

1. Мощный звук может быть получен только из больших отверстий, что доказано на практике и соответствует акустическим законам.
2. Небольшое отверстие, смещённое от своего правильного расположения, не позволит сформировать нужный узел. Звукоизвлечение будет затруднено, а сам звук будет «задевать» соседние обертоны.
3. Чем меньше отверстие, тем более искажённым становится тон волны, а звук становится тусклым и грязным (плохая интонация).
4. Чистота интонации третьей октавы ухудшается при использовании маленьких отверстий.

После ряда исследований Т. Бём выявил, что данные недостатки становятся незначительными, если размер отверстия составляет, по меньшей мере, три четверти диаметра трубки (14,25 мм). Данные размеры сложно реализовать на деревянных флейтах, и Т. Бём приходит к максимальной величине диаметра в 13 мм для деревянных флейт и 13,5 мм для серебряных (Примеч. 2). Именно от этих размеров Т. Бём оттолкнулся для выяснения шага между отверстиями.

С помощью шарнирного инструмента Т. Бём мог легко найти расположение игрового отверстия, но проблема заключалась в том, что, определив расположение одного отверстия, мастер не мог предположить, как это повлияет на другие звуки. Создание отверстий с одинаковым шагом приводило к нарушению акустических пропорций, а звучание получалось не темперированным.



Образец шарнирно-составного инструмента

Потерпев неудачу в практических опытах, Т. Бём обратился к теории. Прибегнув к акустическим законам звукообразования, он выяснил точную длину столба воздуха в верхней части инструмента (головке) и длину всего столба воздуха от центра звукового отверстия C^1 . При помощи математических вычислений, акустических знаний и данных, полученных в ранних опытах, Т. Бём находит теоретически верное расположение звуковых отверстий.

Эксперименты Т. Бёма коснулись и выбора материала. Чтобы звукоизвлечение на флейте было лёгким, блестящим и звонким, материал, из которого сделан инструмент, должен легко входить в резонанс с воздушной струёй. Следовательно, нужно подобрать такой материал, при котором звукоизвлечение и последующее удержание звука в разнообразных громкостных нюансах было бы лёгким при меньших физических затратах. Для сравнения Т. Бём сконструировал две трубки — из серебра и дерева. На серебряной трубке, весом 129 грамм, получалось лёгкое звукоизвлечение, яркий и плотный звук, удержание которого требовало меньших усилий, чем на более тонкой деревянной, но весившей 218 грамм.

В течение некоторого времени Т. Бём не мог сделать однозначный выбор в пользу серебра или дерева. Серебряный инструмент был предпочтителен в длинных произведениях, так как обладал яркостью и блеском звука, но лёгкость звукоизвлечения часто давала раздутый и пронзительный звук. Игра на серебряном инструменте становилась качественной только после длительных занятий над развитием амбушюра. По этой причине деревянные флейты системы Т. Бёма, привычные губному аппарату большинства флейтистов, обладали лучшим качеством звучания, что особо ценилось в Германии того времени.

Свои серебряные флейты Т. Бём изготавливал из серебра 900 пробы, а для производства деревянных флейт он, как правило, использовал *grenadille wood* из Южной Америки. Эбеновое дерево и самшит использовался для дешёвых вариантов флейт. Нередко Т. Бём в своих инструментах сочетал материалы — головку делал из древесины, а корпус флейты из серебра. К 1886 году подобные флейты стали появляться реже, а позже и вовсе пропали.

После определения оптимальных пропорций и материала для флейты, Т. Бём занялся доработкой клапанной механики, сделанной ещё в 1832 году.

На инструменте Т. Бёма было более пятнадцати игровых отверстий, которые не могли закрываться пальцами ввиду их количества, большого размера и далёкого расположения относительно друг друга. Таким образом, появилась необходимость в обеспечении этих отверстий клапанами (при помощи использования клапанов-крышек). В модели 1847 года Т. Бём стал использовать клапаны-крышки с подушками. Клапан был сконструирован Т. Бёмом так, чтобы открывать или закрывать звуковое отверстие по желанию исполнителя. Так как игровых отверстий было больше, чем доступных для игры пальцев, то был сконструирован механизм, позволяющий одним пальцем закрыть несколько клапанов одновременно. Т. Бём сделал это при

помощи осей, которые имели разную длину. Данный механизм позволил создать до нескольких комбинаций для игры одного звука. Для некоторых звуков были сконструированы отдельные соединения, например, механический узел для соединения *E*, *F* и *Fis*. Применение открытых клапанов позволило максимально точно контролировать пальцы, что придало техническую лёгкость исполнению.

Таким образом, после всех проведённых экспериментов Т. Бём получил инструмент со следующими техническими характеристиками:

- длина инструмента — 606 мм;
- диаметр цилиндра — 19 мм;
- расстояние от пробки до лабиума — 17 мм;
- размеры лабиума — 12 мм в длину и 10 мм в ширину с глубиной в 4,2 мм;
- диаметр отверстий — 11.55–3.5 мм;
- клапанный механизм — сочетание открытых и закрытых клапанов, введение клапанов-связок;
- материал — серебро 900 пробы.

Все эти улучшения и нововведения позволили флейтисту играть по всему диапазону во всех 24 тональностях с одинаковой лёгкостью, качественным звучанием и чистой интонацией.

Работа над новой цилиндрической моделью флейты была завершена Т. Бёмом в 1847 году. В том же году Т. Бём запатентовал систему расположения клапанов, а в 1851 году новая модель флейты была представлена на выставке в Лондоне. Лицензия на изготовление нового инструмента была продана крупным европейским флейтовым мастерам и фирмам: «*Rudal*», «*Carte and Rose*» — Г. Эне в Англии, и Л. Лоту во Франции, что способствовало широкому распространению флейты Т. Бёма в Европе. Впоследствии система механики Т. Бёма стала использоваться на кларнете и саксофоне.

В последующие годы Т. Бём продолжал работу над усовершенствованием инструмента. В феврале 1849 года он выпустил флейту с коленом *h*, а в 1858 году построил альтовую флейту со своей механикой.

Список литературы и источников

1. *Апатский, В. Н.* Основы теории и методики обучения игре на духовых инструментах. [Текст] – К.: НМАУ им. П.И. Чайковского, 2006. – 432 с.
2. *Березин, В. В.* Духовые инструменты в музыкальной культуре классицизма. [Текст] – М., 2000. – 388 с.
3. *Качмарчик, В. П.* Немецкое флейтовое искусство XVIII–XIX вв.: монография. [Текст] – Донецк, 2008. – 310 с.
4. *Левин, С. Я.* Духовые инструменты в истории мировой музыкальной культуры: монография, в 2-х ч. [Текст] – Л.: Музыка, 1973. – ч. 1. – 264 с.
5. *Левин, С. Я.* Духовые инструменты в истории мировой музыкальной культуры: в 2-х ч. [Текст] – Л.: Музыка, 1983. – ч. 2. – 190 с.
6. *Усов, Ю. А.* История зарубежного исполнительства на духовых

- инструментах: учебное пособие. [Текст] – М.: Музыка, 1989. – 207 с.
7. *Boehm, T. The Flute and Flute-Playing in Acoustical, Technical, and Artistic Aspects.* – Dover Publications; 2 edition (March 17, 2011). – 240 p.

Примечания

1. Подробно о внедрении моделей флейты Т. Бёма в исполнительскую практику смотрите в книге В. П. Качмарчика «Немецкое флейтовое искусство XVIII–XIX вв.» [3].
2. В последствии некоторые мастера использовали на бёмовских моделях и больший диаметр отверстий, чем сам немецкий флейтист. Это наглядно показано в сравнительной таблице размеров звуковых отверстий флейт мастерской Т. Бёма (1851) и мастерской Л. Лота (1869).

Звуковые отверстия	Флейта фирмы «Th. Boehm /in/ München./ 53./» (1851)	Флейта фирмы «L.L./LOUIS-LOT/ PARIS / 1375 / BREVETE/» (1869)
c ²	11,55 мм	12,7 мм
h ¹	11,8 мм	13,5 мм
b ¹	11,9 мм	13,5 мм
a ¹	12,1 мм	13,5 мм
gis ¹	12,3 мм	13,5 мм
g ¹	12,6 мм	14,3 мм
fis ¹	12,75 мм	14,3 мм
f ¹	12,95 мм	14,3 мм
e ¹	13,3 мм	14,3 мм
dis ¹	13,5 мм	15,5 мм
d ¹	13,5 мм	15,5 мм
cis ¹	13,5 мм	15,5 мм

8.

9.