|  |  |
| --- | --- |
| **Преподаватель** | **Залятдинов А.Ф.** |
| **Учебная дисциплина** | **Музыкальное звукооператорское мастерство** |
| **курс** | **М1** |
| **специальность** | **53.02.08 Музыкальное звукооператорское мастерство** |
| **Дата занятия:** | **08.04.2020** |

**Орган (продолжение)**

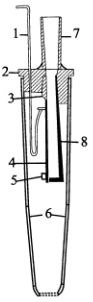
Вторая группа органных труб, появившаяся в XIV-XV столетиях, это язычковые трубы. Трубы этого типа обогащают звучание яркими тембрами и составляют значительную часть в конструкции современных органов.

Механизм звукообразования в ней аналогичен механизму однотростевого духового инструмента, например кларнета. В отличие от лабиальных труб здесь модуляция воздушного потока происходит за счет колебаний язычка - тонкой медной искривленной пластинки, которая закреплена на круглом цилиндре (колодке), сделанном из желтой меди или другого металла.

Все звукообразующие элементы помещены в полый металлический цилиндр, называемый стаканом (ножку трубы). Сторона цилиндра (колодки), обращенная к язычку, делается плоской с треугольным отверстием. При продувании воздуха через это отверстие давление падает по закону Бернулли

и язычок прижимается к отверстию, закрывая проход воздуху. Затем под действием собственной упругости и под давлением воздуха в трубе язычок

отходит от отверстия, открывая путь для потокавоздуха, и процесс начинает периодически повторяться. Под действием периодических толчковвоздуха в трубе возбуждаются колебания, которые затем поддерживаются в режиме автоколебаний за счет подводимой энергии сжатого воздуха. В отличие от кларнета, где трость настроена на резонансную частоту, значительно более высокую, полозокдля настройки,



2 - головка трубы,

3 - клинышек,

4 - язычок,

5 - грузик,

6 - ножка трубы,

7 - труба,

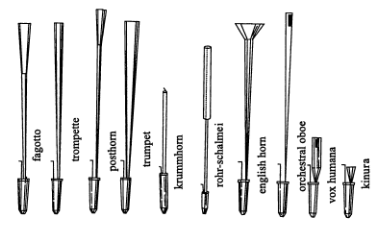
8 – колодка (шеллот)

чем резонансная частота трубы (при этом резонанс ее сильно задемпфирован, и колебания столба воздуха в трубе оказывают сильное влияние на колебания трости), в органных трубах язычок мало задемпфирован, настроен на частоту основного тона трубы, и колебания столба воздуха оказывают меньшее влияние на его вибрации. Как и у тростевых инструментов, конец трубы, где находится язычок, ведет себя как закрытое отверстие.

Конструкция колодки и язычка оказывает большое влияние на спектральный состав, а, следовательно, и на тембр излучаемого звука. Широкое отверстие на колодке, которое может занимать всю плоскую поверхность (открытые колодки), обеспечивает большую громкость звука и усиливает основную частоту трубы; узкое отверстие, которое занимает только часть ее, сильно сужаясь кверху, подчеркивает высокие гармоники. Существенное значение имеет и материал вокруг отверстия: если язычок ударяет по металлу, то звук получается более яркий; если часть поверхности колодки вокруг язычка покрыта кожей, то более «темный». Значительное влияние на тембр и акустические характеристики труб оказывают также конструктивные параметры язычка: длина, ширина, кривизна, толщина и т. д. Для регулировки длины язычка используется настроечная проволока-полозок.

Когда язычок удлиняется, звук становится громче и в его спектре появляется больше гармоник. Толщина язычка также имеет существенное значение: чем толще язычок, тем большая сила (давление воздуха) должна быть приложена, чтобы заставить его вибрировать, но при этом получается более громкий звук с подчеркнутой основной частотой (тембр более «темный»). Кривизна язычка имеет существенное влияние на атаку звука, она подбирается в зависимости от требуемого тембра: если кривизна подобрана так, что в какой-то короткий период колебания отверстие закрывается почти полностью, получается тембр, богатый обертонами; если кривизна достаточно велика и отверстие никогда полностью не закрывается, спектр содержит меньше обертонов. Следует отметить, что у труб одного регистра для поддержания единства тембра кривизна язычков должна быть одинакова.

Язычковые трубы требуют регулярной настройки. Тембр язычковых труб очень чувствителен к таким элементам как неоднородность язычка, пыль на колодке и др. Язычковые трубы многообразны по форме и могут быть разделены на три группы: цилиндрические; конические; составные сложной формы.



Трубы также могут быть сделаны из дерева или из металла (для передних труб используется красная медь, для других труб обычный сплав - олово плюс свинец).

Металлические трубы изготавливаются круглыми, деревянные делают обычно прямоугольными. Цилиндрические трубы могут быть как открытые, так и закрытые. Конусные трубы, в основном, открытые; при этом угол раскрыва конуса может варьироваться. Составные трубы - это комбинации цилиндрических и конических (или инвертированных конических) труб, иногда с дополнительными раструбами. Они формируют сложную структуру спектра, позволяя выделить определенные гармоники, создавая тем самым большое разнообразие тембров.

Чаще всего язычковые трубы располагаются вертикально, но среди них встречаются отдельные виды труб, которые располагаются горизонтально (излучающее отверстие направлено на слушателя). Такие трубы называются en chamade, обычно они делаются из металла (желтой меди) - например, трубы регистра Trompette en chamade. Иногда для сохранения вертикальной позиции используются изогнутые трубы. Цилиндрические трубы, закрытые с одного конца, имеют четвертьволновые резонансы и усиливают только нечетные гармоники. Конические трубы имеют полуволновые резонансы и поддерживают все гармоники в спектре, при этом угол раскрыва конуса и его кривизна влияют на тембр звучания: чем шире раскрыв конуса, тем больше подчеркивается фундаментальная частота. Соотношение размеров (мензура) влияет на спектр так же, как и у лабиальных труб: широкие трубы дают более громкие, но с меньшим количеством обертонов звуки, узкие трубы - более тихие, но с большим количеством обертонов (они, соответственно, более разнообразны по тембрам звучания). В отличие от лабиальных труб, где изменение длины трубы однозначно связано с изменением высоты тона, у язычковых труб изменение длины не всегда приводит к изменению высоты тона (при соответствующей настройке резонансов язычка), но всегда приводит к изменению тембра. В результате возможна парадоксальная ситуация, когда более короткая язычковая труба воспроизводит тон ниже, чем более длинная. Для настройки цилиндрических резонаторов используются также специальные подвижные колпачки, которые позволяют слегка подстраивать эффективную длину трубы.

Язычковые трубы используются в органах для имитации тембров деревянных и медных духовых инструментов оркестра - кларнета, гобоя, трубы, тромбона, тубы и др., а также различных

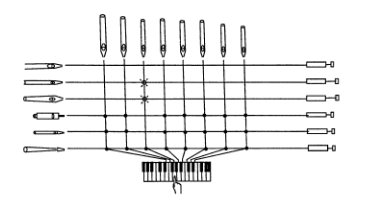
других тембров, например человеческого голоса (трубы типа vox humana).

**РЕГИСТРЫ**

Как уже было отмечено выше, в органах содержится большое количество труб (до 30000). Для того чтобы можно было управлять ими, их особым образом группируют. Принцип группировки органных труб - матричный (как в современных синтезаторах). каждый столбец такой матрицы соответствует трубе определенной высоты тона, все ее строки соответствуют трубам разных регистров с определенным тембром звучания (например, струнным, флейтовым и др.).

Регистром называется группа труб одного тембра, имеющая одинаковую конструкцию, т. е. одинаковую форму и мензуру (например, все трубы в данном регистре только лабиальные цилиндрические или язычковые конические и т. д.).

Число регистров зависит от размера органа: маленькие имеют до 10 регистров, большие - до 200 и более. Включение труб данного регистра осуществляется с помощью регистровых рукояток справа и слева от клавиатуры. Подключение кнопок под клавиатурой открывает заранее заготовленные комбинации регистров. Наконец, использование специальных копуляций позволяет включать трубы из разных регистров.



Матричный способ группировки труб

Основные звуковысотные регистры обозначаются по высоте самой большой трубы, которая измеряется в футах. Номинальный (унисонный) регистр состоит из труб, высота которых настроена на соответствующую ноту на ручной клавиатуре. В современных органах ручная клавиатура имеет диапазон от С2 (65 Гц) до С7 (2093 Гц). Наибольшая труба в номинальном регистре, настроенная на 65 Гц, имеет длину 2,6 м, т. е. почти 8"; для транспонирования

мелодии на октаву выше надо перейти в другой регистр, где наибольшая труба имеет размер 4", и т. д. Основные регистры имеют трубы длиной 8й, 4", 2", 1". В больших органах используются регистры с трубами 16", 32", позволяющие транспонировать высоту на одну или две октавы ниже (соответственно на 33 Гц и 16 Гц).

В Австралии был в конце XIX века построен орган, имеющий регистр 64", т. е. настроенный на частоту 8 Гц. В комбинации с номинальным регистром используются иногда дополнительные регистры «аликвоты», позволяющие сдвигать высоту тона на квинту (10 2/3", 51/3", 2", 1") или мажорную терцию; реже - на септиму, кварту и др., т. е. добавлять обертоны к основному звуку,

обогащая тем самым его звучание. Кроме основных, в органах имеются вспомогательные регистры - «микстуры», с помощью которых можно включать несколько труб разной высоты на одну клавишу, что позволяет создавать аккорд.

Каждая мелодия, исполненная в разных звуковысотных диапазонах, может быть сыграна с разными тембрами, что достигается применением специальных тембровых регистров. Регистры по ряду объединяющих признаков (в частности, тембральных) могут объединяться в тональные семейства, напоминая по своему звучанию струнные, деревянные, медные и др. инструменты оркестра (а также создавая особые тембры, не имеющие аналогов в оркестровых инструментах).

**Лабиальные регистры** делятся на три основные группы:

принципалы; флейты; штрайхеры (от нем. - струнные).

Принципалы - открытые трубы, обладающие полным и ярким звучанием, они составляют основу органа. В них используются цилиндрические трубы средней мензуры. В спектре имеется достаточно много обертонов (до 9-11)

что позволяет получить яркий, звонкий тембр.

Флейты - набор различных лабиальных труб, тембр звучания которых напоминает звучание флейты, они могут быть цилиндрические, прямоугольные и конические. Звучат они тише и «легче» принципалов; поскольку это трубы с большой мензурой, количество выраженных обертонов в их спектре меньше. В открытых трубах типа clarabella, spitz flute в спектре присутствуют все гармоники, обычно первые три превалируют. Иногда

в центре трубы делают отверстие, и она начинает звучать на октаву выше. Закрытые прямоугольные трубы с подвижным колпачком

сверху типа tibia clausa и цилиндрические типа gedackt, copula и rohr flute с металлической крышкой и трубой для подчеркивания отдельных гармоник в спектре содержат, в основном, несколько первых нечетных обертонов.

Штрайхеры - в них применяются узкие лабиальные трубы (малой мензуры) двух типов - viola d'orchestre и salicional, их звучание напоминает по тембру струнные инструменты. Звучат они еще тише, но в их спектре много гармоник, иногда верхние гармоники выше по уровню основного тона. Есть в этих

регистрах трубы, четко имитирующие звучание скрипки, а есть трубы, звучание которых более спокойное и мягкое, чем у струнных инструментов, с меньшим количеством гармоник в спектре (salicional).

**Язычковые регистры** делятся на: цилиндрические, конические и с укороченным рупором.

Конические (fagotto, trompette, posthorn, trumpet и др.) - мощные, богаты обертонами, имитируют звучание медных духовых инструментов.

Цилиндрические (krummhorn, rohr-schalmei и др.) обладают характерным «гнусавым»звучанием. С укороченным рупором (vox humana, regal и др.) используются для создания особых звуковых эффектов. Например, составные

трубы типа vox humana имеют спектр с четко выраженными формантными областями, что позволяет им имитировать человеческий голос.

Кроме этого, имеются и другие регистры, объединяющие трубы по каким-либо признакам. Таким образом, подбирая разные типы труб, можно в значительных пределах изменять спектры получаемых звуков, а следовательно, и различные тембры звучаний. Следует отметить также, что для подбора труб в один регистр необходимо обеспечить их однородность по громкости и тембру, для чего требуется тембровая настройка регистра (аналогично интонировке в фортепиано) - voicing. Однородность по тембру предполагает подобие спектров и переходных процессов (времени и формы атаки и спада звука) у всех труб, входящих в данный регистр. Для этого они должны иметь подобную форму и определенные пропорции геометрических размеров.

**АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Частотный диапазон основных тонов органа от 33 Гц (С1)

до 2093 Гц (С7); имеются органы с диапазоном частот от 8 Гц и от

16 Гц. С учетом обертонов он включает в себя почти десять

октав - от 16 Гц до 14000 Гц, - что не имеет аналогов среди

других инструментов. Основная часть спектральной плотности

мощности сосредоточена в области частот до 2 кГц;

Динамический диапазон составляет 85-90 дБ, максимальное

значение уровней звукового давления достигает 110-115 дБ-С.

Переходные процессы: обычно в духовых инструментах время установления и спада звука очень небольшое из-за малой инерционности столба воздуха, но в органах большие трубы являются уже достаточно инерционными резонаторами и, кроме того, определенной инерционностью обладает механизм подачи воздуха к трубам (трактура). В лабиальных трубах процесс установления звука имеет свою специфику: поскольку частота краевого тона обычно устанавливается несколько выше фундаментальной частоты, то первым в спектре устанавливается второй или третий обертон, который ближе к краевому тону.

Для больших труб эта разница во времени установления составляет 50 мс и 100 мс. Время атаки язычковых труб обычно существенно меньше и составляет V2 или V5 от времени атаки лабиальных труб, поскольку в них звучание начинается сразу, как только начинает колебаться язычок, в то время как в лабиальных трубах требуется определенное время для установления струи. Для самых больших лабиальных труб суммарное время установления может достигать 500 мс, для средних труб примерно 100 мс и т. д. Время спада сигналов 0,5-1 с и больше. Эта специфика переходных процессов (достаточно большое время установления и начало вступления верхних обертонов раньше, чем основного тона) создает особый тембр звучания органа, отличающий его

от других инструментов. Кроме того, большие переходные искажения самого органа требуют соответствующего помещения с достаточно большим временем реверберации (в соборах оно составляет 5-7 с), иначе полный тембр органа не реализуется.

**Характеристика направленности**: излучение звука в органных трубах происходит через лабиум и через открытый конец (для открытых труб). При этом, как уже было отмечено, спектральный состав звука и, следовательно, тембр его отличается: звук через лабиум громче, но беднее обертонами; через открытый конец - тише, но содержит больше обертонов. Характеристики направленности также отличаются. У лабиума на низких частотах излучение

практически ненаправленное; на высоких частотах, когда длина волны меньше ширины отверстия, образуется широкая характеристика направленности в вертикальной плоскости и узкая в горизонтальной.

Тембр определяется в первую очередь спектральным составом излучаемого звукового сигнала и структурой переходных процессов. О спектре труб различных регистров и их влиянии на тембр уже было сказано выше. Следует отметить также, что из-за краевых эффектов спектр негармоничен, высокие частоты несколько растянуты, что также придает особое своеобразие тембру звучания органа.