

Физика на службе гармоничного звучания или научные тайны настоящего хора

(Mit Physik zum guten Klang Wissenschaftliche Geheimnisse eines Spitzen-Chores)

перевод стенограммы радиопередачи
«Леонардо - наука и не только» (Leonardo –
Wissenschaft und mehr) германской
радиостанции WDR 5, вышедшей в эфир
08.11.2006 г.

Ведущий (В.): Представим себе концерт обычного хорового коллектива: на сцене выступают 24 артиста. Как часто и бывает, певчие стоят «строевой шеренгой плечом к плечу». В заднем ряду расположены по шесть басов и теноров, в переднем - по шесть альтов и сопрано. Все артисты расставлены плотно друг к другу на одном уровне, поэтому задний ряд почти не просматривается. Да и передний ряд виден не очень эффектно, т.к. певцы держат перед собой папки с нотами.

Обычный результат звучания в таких случаях: хор хотя и чисто интонирует, т.е. хорошо попадает в тон, а постановка и динамика звука великолепна, общее звучание хора кажется довольно приглушенным, недостаточно красочным и бедным обертонами. Хор в целом оставляет о себе несколько тяжелое впечатление. О причинах такого положения расскажет хормейстер и физик Геральд Джерс (Herald Jers) .

Геральд Джерс (Г.Д.): «При такой очень тесной расстановке звук в значительной степени «проглатывается» одеждой, свитерами и рубашками стоящих рядом артистов. То же самое относится и к нотным папкам, которые отражают звук от исполнителей обратно и скрывают его в их собственной одежде».

В.: Геральд Джерс такой же руководитель хора, музыкант, изучающий искусство хормейстера и уже имеющий диплом дирижера. Но при этом этот 33-летний артист еще и физик. И как физик он, конечно, исследует тайны акустики, т.к. его постоянно удручает плохая акустика на концертах. Это обстоятельство подтолкнуло его к специальным исследованиям. Проблема заключается в том, что артисты большинства хоров стоят слишком близко друг к другу. Ведь каждый выступающий хочет хорошо слышать собственный голос. При этом многие боятся, что не смогут так чисто петь, если слишком далеко стоят друг от друга, т.к. в этом случае они не будут достаточно хорошо слышать соседа.

Но так ли это? Звучит ли хоровой коллектив в самом деле лучше, когда артисты располагаются друг к другу совсем близко? Что происходит с собственно звучанием хора? Как влияют выступающие артисты друг на друга? Геральд Джерс серьезно изучал эти вопросы в Институте технической акустики в г. Аахен (Institut für Technische Akustik in Aachen). В этом 5-этажном университетском здании есть специальное помещение для измерений звука, которое исследователи окрестили «толстым помещением»: в нем стены и потолок уложены матами с пенной основой.

Итак, для того чтобы определить оптимальную расстановку хора, физик должен был сначала исследовать распространение человеческого голоса от тела. Для этого артиста следовало бы окружить 500 микрофонами, что было бы чрезмерно дорогим удовольствием, т.к. один соответствующий высококачественный микрофон стоит порядка 1000 евро. Поэтому артиста попросили спеть 500 раз подряд и производили записи всего на один микрофон. Необходимо было только смотреть за тем, чтобы микрофон находился всегда на одинаковом расстоянии от рта артиста.

Г.Д.: «Это достаточно сложный метод испытаний. Проблема, собственно, в том, что мы хотели измерить излучение, т.е. энергию вокруг певца, которую можно представить себе в виде виртуального шарика, и получить данные о том, как распределяется энергия в каждой точке этого шарика.»

В.: Во время испытаний в Институте технической акустики в г. Аахен исполнитель вращался перед микрофоном на поворотной площадке. Он перемещался 36 раз на 10 градусов и таким образом сделал полный круг. Кроме того, микрофон также постоянно передвигался по высоте с целью определения характеристик распространения звука от груди, поверх туловища и даже со спины. В результате артисту необходимо было спеть около 500 раз.

Г.Д.: «Микрофон был установлен на расстоянии около 3 м от певца. Голос замерялся в «мертвом» в звуковом отношении помещении, в котором звук не отражался, и измерения оказывались «чистыми», т.к. отражения от потолка и стен дополнительно накладывались бы на голос и приводили к увеличенному звуковому давлению, которое нужно было исключить.»

В.: «Звуковое давление» - это физическое понятие, которое можно измерить. Обычно в этом случае говорят о силе звука. Но ее нельзя измерить, т.к. каждый челок по-разному ощущает громкость.

Итак, звуковое давление голоса регистрируется приблизительно в 500 точках. Исполнитель поет так называемое глиссандо, постоянно изменяя высоту тона в широком интервале. Проще говоря: певец поет много тонов, включая самые низкие и самые высокие. И каждая частота, т.е. высота каждого тона, измеряется в 500 точках звукового давления. Это огромное количество данных физик намерен уложить на форме шарика. Если звук распространяется, например, у плеча слабее, чем у рта, то это отображается в виде углубления в шарике. Если, наоборот, звук на затылке громче, чем у рта, то это видно в виде выгиба. Звуковое давление на уровне рта является измерительной планкой. Теперь, глядя на монитор, Геральд Джерс может сказать, как распространяются звуки.

Г.Д.: «Допустим, бас поет основной тон на частоте 100 Гц. На компьютерной модели шарика, построенной для частоты 100 Гц, мы не увидим отклонений вверх или вниз. Это означает, что распространение очень низких частот происходит примерно с равной силой вверх, вниз, вперед, в стороны.»

В.: Другими словами, низкие звуки распространяются довольно равномерно. Именно поэтому, например, системы домашних кинотеатров имеют всего один динамик басовых частот, в то время как для высоких и средних звуков требуются четыре динамика. В принципе все равно, где установлен басовый динамик. Низкий звук распространяется достаточно равномерно во все стороны. Но с определенной высоты звука ситуация здесь меняется.

Г.Д.: «Эта разница в направлениях действительно видна на диаграмме результатов испытаний. Уже на частотах 800, 900 Гц мы замечаем более сильное распространение вперед или в стороны, или вверх.»

В.: Еще более отчетливо это видно на частотах от 2000 до 3000 Гц. Это область обертонов, которая для хора особенно важна. Такие высокие ноты ни один человек не может исполнить, сопрано может петь на частоте около 1000 Гц. Однако у каждого тона образуются дополнительно достаточно быстрые вибрации, которые наслаиваются друг на друга и хорошо слышны. Эти обертоны вместе с основным тоном создают окраску голоса.

Г.Д.: «Эта область частот с точки зрения характеристик направленности их распространения особенно интересна, т.к. именно здесь, в отличие от ожидавшегося здесь наиболее сильного распространения вперед, происходит вдруг наиболее осязаемое распространение вверх или в стороны.»

В.: По этой причине при проведении оперных спектаклей на потолке и заднике сцены устанавливают рефлекторы, которые направляют эти тоны публике. Опытные музыканты знают, что исполняемые певцом звуки распространяются также вверх и в стороны. Но научно это еще не было исследовано. Применительно к хору нужно отметить, что эти частоты в области обертонов особенно сильно поглощаются, если артисты стоят слишком близко друг к другу.

Итак, Геральд Джерс переставляет свой хор, и артисты вновь поют прекрасную песню «Shall I compare thee to a summer's day» Нильса Линденберга. Теперь певцы расположены более свободно друг к другу, не задевая соседа плечом, мужчины встали на ступень выше. Результат: звучание стало лучше, ярче, тон стал глубже и обертоны яснее. Это ощущаешь сразу, если сравнить вместе обе записи: первой, - при которой певцы находились близко друг к другу на одном уровне, и второй, - при которой было больше места между исполнителями, и мужчины стояли выше.

Еще одна новая расстановка: мужчины расположились еще выше. Их голоса стали слышны все более отчетливо, хор звучит органичнее. Но и в этом случае Геральд Джерс не доволен и продолжает искать в своих измерениях оптимальное расстояние между певцами. В Стокгольме он работал с коллективом в 10 человек. Результаты измерений показали, что очень хорошим расстоянием между артистом и его соседом как в одном ряду, так и певцом, выступающим в соседнем ряду, является удаление порядка 1 м. Многие опытные руководители хоров это, конечно, знали и раньше, т.к. они слышали, что расстояние между артистами в хоре играет большую роль. Геральд Джерс же научно исследовал, как распространяется звук вокруг артиста. Итак, теперь физик еще раз переставляет хор. Артисты стоят смешанно, т.е. не как ранее: сзади - слева тенора и справа басы и впереди - справа сопрано за альтами. Теперь все выступающие равномерно распределены. Кроме того, папки с нотами были убраны. Каждый певец имеет, можно сказать, свое место, его сосед удален на расстоянии около 1 м. Второй ряд поет на уровне выше первого на голову, а третий - стоит выше второго. Все голоса кажутся оптимально развернутыми.

Г.Д.: « В данном случае было использовано свойство распространения звука в помещении в стороны таким образом, чтобы стены и потолки рефлектировали звук и доносили его еще до зрителя. Он доходит немного позднее первого звукового сигнала, что создает определенные эффекты смешивания звука, которые, однако, воспринимаются слушателем уже органично.»

В.: Теперь звучание хора кажется чистым, соседние исполнители больше не мешают. Звук не поглощается их телами и одеждой, он звучит очень красочно, эффектно, сочно и объемно. Сейчас более заметна разница в динамике звука, т.к. убраны нотные папки, которые поглощали звук или рефлектировали его вверх. Все это отчетливо ощутимо, если сравнить все три записи.

Теперь следующая расстановка хора. Мужчины стоят несколько выше, они находятся на расстоянии 1м друг от друга, но стоят не по группам, а смешанно. Наконец доволен не только физик и дирижер Геральд Джерс: зрители также наслаждаются более богатым звуком, да и певцы находят такую расстановку оптимальной. Когда все артисты находятся друг от друга на расстоянии около 1 м, звук, как уже говорилось, распространяется лучше. Так, бас Жан Иленфельд больше всего предпочитает петь именно в такой расстановке.

Г. Д.: «При большом расстоянии друг от друга певцы слышат общее звучание коллектива, как ни странно, лучше, т.е. в этом случае чистота строя более ощутима. Каждый певец тогда определенно лучше чувствует, попадает ли он в тон или нет.»

В.: Сопрано Беата Хаусманн всегда предпочитает смешанную расстановку при большом расстоянии друг от друга артистов, при которой мужчины и женщины стоят не группами, а смешанно. При такой расстановке хора достигается богатое, теплое и органичное звучание.

Г. Д.: «Это, поистине, поющее море звуков, мне только хочется кротко занять свое место и молиться этому звучанию и вместе с этим звучанием. Но при этом я в этом огромном потоке остаюсь один на один со своим голосом и должен всегда смотреть за тем, чтобы он никуда не пропал.»

Р.: Беата Хаусманн со своими певчими так хорошо следовала результатам физических испытаний своего дирижера Геральда Джерса, что в этом году завоевала первую премию на Общегерманском фестивале хоровых коллективов в г. Киль.

Маркус Шванднер (Markus Schwandner)

© Westdeutscher Rundfunk Köln 2006, www.wdr.de

© перевод А.Соболев 2009 г., alex.sobolev@sve-max.com