

Оглавление

7 От президиума вокально-методологической секции ГИМНа

Глава I

Введение. — Тон. — Простые маятникообразные или синусоидальные колебания. — Кривые этого колебания. — Математическое изображение их. — Звук. — Сложные синусоидальные колебания. — Гармонические обертоны. — Анализ звука. — Тембр.

Глава II

Флейтовые трубы. — Устройство флейтовой «открытой» трубы. — Стоячие волны. — Узлы и число их при гармонических обертонах. — «Закрытые» трубы. — Звукообразующий механизм флейт. — Теории звукообразования Тиндаля, Зонрека и Ван Шейка. — Расход воздуха. — Сила воздушной струи и высота звука.

Глава III

Сирены Зеебека, Каньяра де Латура, Дове и Гельмгольца. — Язычковые органные трубы. — «Ударяющие» и «проходящие» металлические язычки. — Характер их колебаний. — Влияние последнего на тембр. — Надставная труба, ее назначение, размеры, отношение к высоте и тембру звука. — «Башмак» органных труб. — Влияние силы вдувания на высоту звука при металлических язычках и т. н. мягких язычках. — Кларнет, гобой, фагот, труба. — Фисгармония. — Vox humana.

Глава IV

Голосовой орган человека. — Его положение. — Сравнение с язычковыми трубами органа. Разделенная надставная труба. — Анатомия и физиология ротового канала. — Образование гласных. — Величина отверстия рта и объема ротовой полости при отдельных гласных. — Экспериментальное воспроизведение гласнодоподобных звуков в опытах Виллиса.

61 Глава V

Определение собственных тонов ротовой полости для различных гласных Уитстоном, Дондерсом и Гельмгольцем. — Вокальная теория Гельмгольца. — Теория «формант» Германа. — Искусственное воспроизведение гласных Виллисом посредством зубчатого колеса и скользящей по нему часовой пружины. — Граница тонов для ясного произношения гласных.

67 Глава VI

Механика движений мягкого неба. — Чистые гласные. — Носовые звуки. — Так называемые полугласные звуки. — Пение с носовым резонансом. — Объективное доказательство последнего. — Носовой резонанс и боковые полости носа. — Анатомическое положение и величина отверстия в смежные полости носа.

78 Глава VII

Анатомия гортани. — Ее хрящевое строение. — Положение голосовых губ. — Мускулы, служащие к передвижению и натяжению голосовых губ. — Механизм дыхательного и певческого положения голосовых губ. — Механика внешнего натяжения голосовых губ (муск. щитоперстневидный).

91 Глава VIII

Внутреннее натяжение голосовых губ голосовыми мускулами. (Мышцы щиточерпаловидные). Анатомия этих мускулов. — Голосовая струна. — Направление мускульных волокон по Людвигу, Рюльману, Грюннеру, Якобсону и Генле. — Эластическая перепонка гортани и слизистая оболочка ее. — Строение нижнего, среднего и верхнего гортанных пространств.

101 Глава IX

Дыхательное положение голосовых губ. — Голосовая щель, ее длина и ширина. — Атака звука. — Разговорный и певческий звук. — Объем мужского и женского голоса. — Объяснение различия голоса у различных полов длиною голосовых губ и развитием голосовых мускулов. — Исследования Феррейна и Мюллера над наружным натяжением голосовых губ у мертвой гортани. — Опыты над внутренним натяжением муску-

лов лягушки при электрическом раздражении, произведенные Харлесом, Эвальдом и Нагелем.

114 Глава X

Различие в тембрах различных регистров и причины его. — Исследование функций голосовых губ и рода их колебаний. — Исторический обзор. — Исследования Иоганна Мюллера, Лисковиуса и Карла Мюллера.

124 Глава XI

Исследования колебания голосовых губ на живых посредством ларингоскопа. — Гарсиа. — Меркель. — Разница изображений при грудном и фальцетном регистрах. — Стробоскопия, ее принципы и методы исследования.

137 Глава XII

Стробоскопические исследования колебаний голосовых губ Эртеля, Кошлакова, Рети и А. Музехольда над живыми людьми. — Мои фотографические снимки колеблющихся голосовых губ при грудном и фальцетном регистрах. — Различные формы голосовой щели и голосовых губ. — Вытекающие отсюда заключения о напрягающем механизме.

145 Глава XIII

Мои стробоскопические исследования и фотографии. — Разъяснение данных. — Форма колебаний голосовых губ при грудном и фальцетном регистре.

154 Глава XIV

Выводы из фотографических и стробоскопических наблюдений. — Голосовые губы суть язычки в физическом смысле. — Опровержение их сравнения с флейтовыми трубами. — Переход тонов из грудного регистра в фальцетный посредством изменения натягивающего механизма голосовых губ. — Средний голос («микст»). — «Прикрытие» тонов. — Опыты Пилке над гласными, спетыми «открыто» и «прикрыто». — Влияние формы колебания голосовых губ на тембр звука.

166 Разъяснения к таблицам

*От президиума вокально-
методологической секции ГИМНа*

Книга Музехольда «Акустика и механика человеческого голосового органа» остановила на себе внимание президиума вокально-методологической секции ГИМНа как чрезвычайно ценный труд по акустике и физиологии голосообразующего аппарата, в котором в сжатой и доступной форме изложена история научных изысканий в этой области и новейшие данные, к ней относящиеся. Современная вокальная методология уже не довольствуется эмпирическими методами прошлого, да и учащаяся молодежь предъявляет к предлагаемому ей учебному материалу совершенно иные требования, чем прежде. Поэтому вокальный педагог, если он хочет не только оставаться на высоте своей профессии, но и двигаться вперед, не может уже ограничиваться одними практическими методами преподавания, но обязан подвести под них научно-экспериментальный фундамент. Существующая русская научно-методологическая литература в этом отношении уже значительно отстала от жизни и науки, поэтому естественно было обратиться к иностранной литературе в поисках такой книги, которая, будучи вполне научной, вместе с тем была бы доступна среднему вокальному педагогу и охватывала бы вопрос с достаточной полнотой. Книга Музехольда вполне отвечает этим требованиям. Она снабжена множеством рисунков и стробоскопическими фотографиями голосовой щели во время фонации в различных регистрах.

Предлагаемое издание является первым из ряда намеченных секцией изданий по вокальной методологии и связанным с нею научным дисциплинам. Оно имеет все данные для того, чтобы сделаться настольной книгой вокального педагога и пособием для учащихся.

ГЛАВА I

Введение. — Тон. — Простые маятникообразные или синусоидальные колебания. — Кривые этого колебания. — Математическое изображение их. — Звук. — Сложные синусоидальные колебания. — Гармонические обертоны. — Анализ звука. — Тембр.

*К*огда мы слышим в обширном помещении звуки органа, то мощные и глубоко потрясающие, то нежные и тихо замирающие, подобно звукам Эоловой арфы, нам кажется почти невероятным, чтобы эта захватывающая музыка могла воспроизводиться лишь двумя разнородными по принципу инструментами — флейтовыми и язычковыми трубами. Но органный мастер, путем собственного опыта, научился подражать, посредством этих труб, чуть ли не всем музыкальным инструментам и соединять их притом в одном поразительном сооружении. Даже человеческий голос представлен в этом величественном оркестре регистрами *vox humana* и *vox celestis*, которые так чудесно подражают ему*, что в дуэтах можно подумать, будто поют тенор и баритон.

Это обстоятельство заслуживает тем большего внимания, что человеческий голосовой аппарат при сравнительной простоте своего устройства способен давать поразительные эффекты как по объему, так и по характеру своих звуков. Известный физиолог Иоганн Мюллер** называет его удивительным аппаратом, с которым не может сравниться ни один музыкальный инструмент. И действительно, с тех пор, как наука занимается изучением человеческого голоса, все время

* Seidel J. J. Die Orgel und ihr Bau. Leipzig: F. E. C. Leuekart, 1887. S. 172.

** Müller J. Handbuch der Physiologie des Menschen. Coblenz: J. Hölscher, 1837. B. 2. S. 219.

проявляется потребность при обосновании физических процессов, происходящих в гортани при голосообразовании, пользоваться для сравнения обоими основными типами музыкальных духовых инструментов: флейтовыми и язычковыми трубами.

В самом деле, здесь, как и в человеческом голосе, действующей силой для воспроизведения звука является воздух, вытекающий благодаря некоторому давлению. И хотя долгое время способ и даже место зарождения звука были не выяснены, так как физическая и механическая сторона этого вопроса покоилась на ложных предпосылках, тем не менее два гениальных исследователя Эрнст и Вильгельм Веберы^{*} сумели и при этих условиях сделать шаг вперед, указав на одну общую особенность, что и в духовых инструментах, и в человеческом голосовом органе сотрясаются более или менее замкнутые столбы воздуха таким образом, что они производят периодические колебания, и этим порождают звук. Существенное различие состоит лишь в способе и механизме, посредством которых приводятся в колебание воздушные столбы, и в обусловленных этим механизмом величине и форме воздушных столбов. Так, во флейтовых трубах каждый тон требует определенной длины трубы, т. е. определенного объема воздушного столба, тогда как механизм, воспроизводящий звук, может оставаться без изменения. Наоборот, в язычковых трубах каждый тон требует особенного, определенного по своему размеру язычка, иными словами — изменения самого звукообразующего механизма, в то время как длина установленной над ним трубы, т. н. надставной трубы, в известных пределах не оказывает вовсе или оказывает лишь незначительное влияние на высоту звука. В противоположность этому, человеческий голосовой орган так удивительно

* Weber E. H. [und Weber W. E.]. *Wellenlehre auf Experimenten gegründet*. Leipzig: G. Fleischer, 1825. S. 287.

устроен, что звукообразующий механизм (голосовые губы) может произвольно менять и свое натяжение, и свои размеры, благодаря чему они способны передавать находящемуся над ними на верхних дыхательных путях воздушному столбу столь различные колебания, что звуки голоса обнимают собою от 2 до 3 октав. При этом надставная труба, образуемая зевом, ротовой и носовой полостями, остается по длине почти неизменной; рот, однако, может, следуя волевому импульсу, менять свою форму, а вместе с тем и свой объем и придавать звуку человеческого голоса своеобразный оттенок.

Физика, как известно, строго различает понятия простого тона и сложного звука в том смысле, что простой тон представляет как бы некоторую музыкальную единицу, при которой воздушные колебания совершаются наподобие качаний маятника. Если маятник будет отклонен от положения своего равновесия R (рис. 1) до некоторой точки a и затем предоставлен самому себе, то он, миновав точку R , пройдет далее до точки b , удаленной от точки равновесия в обратную сторону настолько, насколько он был первоначально отклонен, и будет двигаться таким образом взад и вперед, постепенно укорачивая свой размах, пока сообщенная ему энергия не истощится от трения в месте привеса

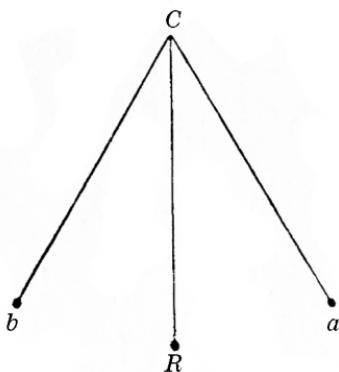


Рис. 1

и от сопротивления воздуха. Если маятник будет все время получать новую энергию от пружины часового механизма, то он будет качаться с одинаковым размахом в течение долгого времени. То же явление обнаруживается и при колебаниях камертонов, которые он сам дает возможность записать. Для этого прикрепляют к од-

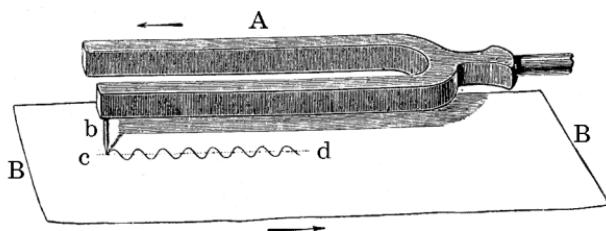


Рис. 2

ной из его ножек перпендикулярно к плоскости ее колебания посредством воска щетинку или пишущее острье *b* (рис. 2), под которые подкладывают во время колебания расположенную по длине камертонов закопченную стеклянную пластинку или лист бумаги *BB*. Колеблющаяся щетинка чертит тогда в зависимости от скорости движения пластиинки более или менее извилистую линию, постепенно выпрямляющуюся по мере истощения энергии движения камертона. Если при этом пользуются камертоном, приведенным в длительное колебание электромагнитом, то форма этой линии, т. н. кривой колебания, остается неизменной, как на рис. 2. Обыкновенно рассматривают эту волнообразную линию, располагая ее горизонтально, и проводят вдоль ее длины линию *cd*, называемую «осью абсцисс», которая разбивает кривую пополам и соответствует положению покоя ножки камертона. Таким образом, кривая образуется из чередований симметрично лежащих над и под осью абсцисс выступов. Как волна на воде состоит из выпуклости и впадины, так и здесь две противоположно направленные извилины соответствуют одному полному колебанию.

Высоты поднятия кривой над осью абсцисс и соответственное опускание под нею показывают отклонения колеблющихся ножек камертона от их положения покоя в ту и другую сторону. Отклонения эти измеряются длиною перпендикуляров, опущенных из данной точки-кривой на ось абсцисс.

Эти длины, нанесенные на рис. 3 в качестве ординат, симметричны в каждой полуволне колебания, т. е. все одинаково отстоящие от ее середины ординаты равны между собой по высоте.

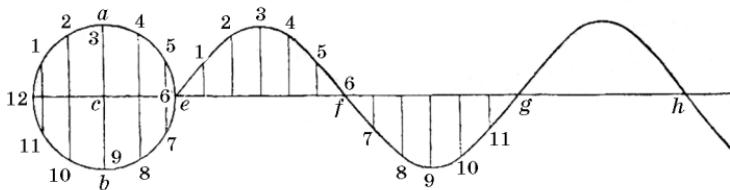


Рис. 3

Ординаты эти относятся между собой как синусы дуг круга, равномерно возрастающих пропорционально времени. На этом основании кривые такого вида называются **синусоидами**, а колебания, происходящие по этому закону, — **синусоидальными колебаниями**. Подобная синусоидальная кривая может быть легко построена согласно ее определению. Круг делится на квадранты, а каждый из последних — на равное число (в данном случае на 3) равных между собою отрезков. Затем из каждой точки делений опускаются перпендикуляры — называемые синусами — на горизонтальный диаметр круга. Затем синусы эти в порядке своей последовательности начерчиваются в качестве ординат по оси абсцисс, разделенной на такое же количество равных отрезков, как окружность круга, причем положительные синусы проводятся вверх, отрицательные — вниз. Линия, соединяющая свободные концы этих ординат, представляет собою синусоиду.

При рассмотрении этой кривой не надо, однако, забывать, что звуковые волны суть колебания продольные, т. е. такие, при которых частицы воздуха колеблются в направлении распространения звука. Они состоят из последовательно чередующихся сгущений

и разрежений воздуха, которые распространяются от источника звука во все стороны в форме сферической волны. При движении воздушных частиц вперед образуется сгущение, при обратном движении назад — разрежение воздуха. Согласно этому в вышеприведенной, как и во всех дальнейших колебательных кривых верхние полуволны, а следовательно, ординаты над осью абсцисс, соответствуют движению частиц при их сгущении, тогда как полуволны, находящиеся под осью абсцисс, соответствуют движению во время разрежения. Таким образом, синусоида является не действительным, а только лишь математическим изображением направлений и размахов (амплитуд) колебаний, соответствующих простому тону в физическом смысле этого слова.

Существенно иною представляется картина колебания при сложном звуке. Сложный звук не является тональной единицей, а уже составляется из нескольких тонов: своего, господствующего над остальными основного тона, определяющего собою высоту звука и различного числа обертонов. Эти гармонические обертоны находятся в определенном отношении к своему основному тону, а именно: числа их колебаний в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз больше числа колебаний основного тона. Так, например, по отношению к звуку С обертоны по числу колебаний будут следующие:

октава	с	в	2 раза	больше колебаний.
ее квинта	g	„	3	„
2-я октава	c'	„	4	„
ее терция	c'	„	5	„
ее квинта	ë'	„	6	„
3-я октава	c''	„	8	„
ее секунда	d''	„	9	„
ее терция	e''	„	10	„
ее квинта	g''	„	12	„
				и т. д.

Соответственно этому, и кривая колебаний звука составляется из кривых колебаний основного тона и наличных его обертонов, что дает в соединении кривую совершенно иного вида, нежели предыдущую, но в то же время весьма в каждом случае характерную.

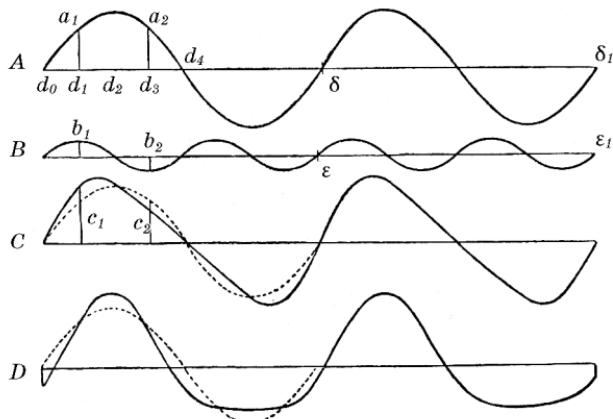


Рис. 4 (по Гельмгольцу)

Подобно тому, как мы выше составляли простую синусоидальную кривую, нам нужно на рисунке наглядным образом изобразить результирующую кривую звука, сложенную из нескольких синусоидальных кривых, соответствующих простым тонам. Положим, что дело идет, например, об основном тоне с его октавой: тогда их общая кривая будет иметь вид, изображенный на рис. 4. Для получения результирующей кривой проводят вдоль оси абсцисс на тех же местах ординаты, слагая линии, имеющие одинаковое направление, вычитая одну из другой взаимно-противоположные и нанося эти суммы и разности на те же места абсциссы. Соединение свободных концов ординат дает новую сложную кривую (C). Если кривые A и B вслед-

ствие изменений фаз колебаний отставали бы друг от друга, этому соответствовала бы какая-нибудь кривая *D*. Таким же образом можно было бы изобразить общую кривую, полученную от прибавления еще других обертонов. И наоборот, можно такую сложную волну, начертанную каким-либо записывающим звуковые колебания прибором, посредством измерений и вычислений на основании т. н. формулы Фурье* разложить на составные колебания. Этот звуковой анализ представляет огромную ценность, так как дает возможность определять частичные тоны, т. е. основной тон и наличные обертоны всякого звука и в частности гласных звуков. Однако проще, хотя и менее объективно разлагает звуки Гельмгольц при помощи резонаторов. Пользуясь целым рядом точно настроенных большей частью шарообразных резонаторов, он выслушивал соответствующие собственному тону резонатора частичные тоны звука, приставляя к уху узкий конец трубы резонатора. При этом он нашел, что своеобразный характер, или «тембр», различных музыкальных инструментов зависит от состава и силы входящих в состав их звука обертонов. Гельмгольц** смог установить для этих тембров известные общие признаки, находящиеся в зависимости от рода и формы инструмента и от его звукобразующего механизма. Поэтому в дальнейшем при описании инструментов, имеющих отношение к рассматриваемому предмету, нам придется обо всем этом упоминать. Однако при этом рассмотрении мы находим целесообразным следовать не по одному только пути

* Auerbach F. Akustik = Handbuch der Physik. B. 2. Leipzig, 1909. S. 37; Hermann L. Über Synthese von Vokalen // Pflügers Archiv. 1902. B. 91. S. 135–163; Gutzmann H. Physiologie der Stimme und Sprache. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1909. S. 97.

** Helmholtz H. Die Lehre von den Tonempfindungen [als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik]. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1896. S. 192.

физиков, но, пользуясь также и опытностью практиков и инструментальных мастеров, стараться верно истолковывать и оценивать механические приспособления инструментов.

Издавна нас учат, что человеческую гортань нужно сравнивать с язычковой трубой. Однако некоторые исследователи находили себя вынужденными приводить для сравнения и флейтовые трубы. В. Нагель в одной из ранних своих работ* считает возможным предположение, что при фальцетном звукообразовании колебания голосовых губ являются не причиной колебаний в надставной трубе, а быть может, наоборот, их следствием.

«В последнем случае, — говорит он, — следовало бы принять, что при фальцете в гортань производится вдувание подобно, как в губную трубу (т. н. флейту Пана), причем утонченные и натянутые края голосовых губ приходят лишь в пассивное до некоторой степени соколебание».

Так как подобные вопросы только в том случае могут быть внимательно и успешно рассмотрены, если приводимые к сравнению инструменты в механическом и физическом отношении получат должную оценку, то здесь нам придется как можно подробнее рассмотреть также и флейтовые, или «лабиальные», трубы. Но, кроме того, я считаю знание механизма как раз этих флейтовых труб тем более необходимым, что здесь акустическое отношение надставной трубы к образующему механизму выступает особенно ярко и оказывается настолько характерным для флейтовых труб, что служит необходимой основой при рассмотрении остальных типов духовых инструментов и человеческой гортани в том числе.

* Nagel W. A. Über Problematisches in der Physiologie der Stimmlippen // Zentralblatt für Physiologie. 1907. B. 21. № 23.

ГЛАВА II

Флейтовые трубы. — *Устройство флейтовой «открытой» трубы.* — *Стоячие волны.* — *Узлы и число их при гармонических обертонах.* — *«Закрытые» трубы.* — *Звукообразующий механизм флейт.* — *Теории звукообразования Тиндаля, Зонрека и Ван Шейка.* — *Расход воздуха.* — *Сила воздушной струи и высота звука.*

Флейтовые трубы имеют различные формы, смотря по материалу, из которого они сделаны. Обыкновенно деревянные трубы делаются 4-угольными призматическими, металлические — цилиндрическими, но и те и другие получают иногда ради достижения особых тембров первые — пирамидальную, вторые — коническую форму. На прилагаемом рисунке (рис. 5) отросток снизу представляет собою трубу, проводящую воздушную струю из «виндлады» (воздушной коробки) в воздушную камеру *K*. Последняя ограничена сверху «клином» *d*, край которого, более или менее заостренный вместе с противолежащей ему дощечкой *f*, образует основную щель *cd*. Верхний край клина *f* называется нижней губой, против нее сверху расположена заостренная верхняя губа *ab*, срезанная от наружного, верхнего края наискось к нижнему внутреннему. Между *ab* и *f*, т. е. верхней и нижней губой, остается широкое, но короткое четырехугольное отверстие «вырез». Указанные две губы дали по-



Рис. 5

(по Гельмгольцу)



Рис. 6
(по Тиндалю)

вод называть рассматриваемые трубы «губными», или «лабиальными».

Но так как со словом «губы» связано представление о губах рта, т. е. о мягких и подвижных телах, то следовало бы изменить упомянутое название во избежание недоразумений и называть, подобно Гельмгольцу, эти трубы «флейтовыми».

Находящаяся выше клина часть трубы *R* представляет собой корпус флейтовой трубы. Корпус этот сверху может быть либо открытым, либо более или менее закрытым. В первом случае труба называется открыта, во втором — закрыта. Корпус трубы заключает в себе воздушный столб, который при вдувании воздуха приходит в колебание и вследствие этого издает звук. Колебания в корпусе трубы происходят по законам, существующим для открытых и закрытых резонансовых труб.

Если слегка дуть наискось над одним из концов открытой с обеих сторон трубы, но так, чтобы дуновение задевало противолежащий край ее, то сначала появляется свистящий шум, а вскоре и слабый тон, являющийся самым низким «собственным», или «основным», тоном трубы. Этот тон является следствием воздушных колебаний в трубе, вызванных неправильными сотрясениями при вдувании. При этом колебания заключенного в трубке столба происходят в форме «стоячей волны», т. е. различные частицы воздуха колеблются одновременно в продольном направлении трубы, хотя и с различным размахом в ту и другую сторону, но в каждом данном месте ее одинаково. В середине открытой трубы находится «узел», или — точнее выражаясь — «узловая поверхность». Здесь движение воздуха наименьшее: оно почти равно нулю. В то же время здесь происходит

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru