

ОСНОВЫ ВОКАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ

Л. Б. ДМИТРИЕВ



Д 53 Дмитриев Л. Б. Основы вокальной методики : учебное пособие / Л. Б. Дмитриев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань : Планета музыки : 2023. — 352 с.: ил. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-507-46374-9 (Издательство «Лань»)

ISBN 978-5-4495-2453-9 (Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»)

Настоящая книга по своему содержанию соответствует программе курса «Основы вокальной методики» для вокальных факультетов консерваторий и музыкальных училищ. Основой для нее послужили стенограммы лекций этого курса, читавшиеся автором в течение многих лет в Государственном музыкально-педагогическом институте им. Гнесиных, в Московской государственной консерватории и Московском Доме народного творчества.

В книге даются основные теоретические сведения по вопросу развития голоса и воспитания певца. Эти сведения должны подкреплять практическую деятельность педагога в его занятиях с учениками, а студента — в его занятиях педагогической практикой в классе сольного пения, в камерном и оперном классах.

УДК 784
ББК 85.314

Д 53 Dmitriev L. B. Fundamentals of vocal methods : textbook / L. B. Dmitriev. — 4th edition, stereotyped. — Saint Petersburg : Lan : The Planet of Music : 2023. — 352 pages: ill. — Text : direct.

This book with its content corresponds to the program of the course “Fundamentals of vocal methods” for vocal faculties of conservatories and music colleges. It is based on the transcripts of lectures of this course, held by the author at the Gnesins State Music and Pedagogical Institute, at the Moscow State Conservatory and the Moscow House of Folk Art.

The book provides basic theoretical information on voice development and singer’s education. This information should reinforce the practical work of the teacher in his classes with students, and the student in his teaching practice in the class of solo singing, in the chamber and opera classes.

Обложка
А. Ю. ЛАПШИН

© Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ», 2023
© Л. Б. Дмитриев (наследники), 2023
© Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»,
художественное оформление, 2023



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
<i>Глава первая</i>	
Сведения из акустики, физиологии и психологии	8
1. Акустика голосового аппарата и акустическое строение голоса	8
2. Учение академика И. П. Павлова и его значение для вокальной педагогики	46
Основы павловского учения о высшей нервной деятельности	46
Некоторые вопросы вокально-педагогического процесса в свете учения И. П. Павлова	65
О связи техники и исполнительства	65
Развитие певческих навыков	71
Врабатываемость, распевание, состояние перед выступлением	89
Утомление	95
3. Значение индивидуально-психологических различий в вокальной педагогике	101
Психологические процессы	102
Познавательная сфера	102
Эмоциональная сфера	117
Волевая сфера	121
Психологический анализ деятельности	123
Психические свойства личности	129
<i>Глава вторая</i>	
Работа голосового аппарата в пении	136
1. Дыхание	136
2. Работа гортани в пении	167
Положение гортани в пении	167
Внутренняя работа гортани	187
Атака звука	210
Регистры	214

3. Работа артикуляционного аппарата в пении	232
4. Головной и грудной резонаторы голосового аппарата у певцов	267
5. Опора певческого голоса	276

Глава третья

Некоторые вопросы практической работы с учеником	285
1. Основные принципы воспитания певцов	285
2. Задачи первого периода занятий	286
3. Развитие голоса ученика	303
4. Работа над различными видами вокализации	327
5. Работа по исправлению некоторых недостатков тембра голоса	334

Приложение

«О работе гортани в пении»	340
Обзор работ последнего времени. 1985–1986 годы	340

Литература	345
-------------------------	------------



ГЛАВА ПЕРВАЯ

СВЕДЕНИЯ ИЗ АКУСТИКИ, ФИЗИОЛОГИИ И ПСИХОЛОГИИ

1. АКУСТИКА ГОЛОСОВОГО АППАРАТА И АКУСТИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГОЛОСА

Певческий голос — акустическое явление. В мире музыкальных звуков певческому голосу отводится одно из самых значительных мест. Думается, что голос был первым музыкальным инструментом, посредством которого человек стал выражать свои переживания. Музыкальный язык, как и язык речи, является средством общения, средством передачи определенной информации от одного человека другим людям. И в том и в другом языке для этого вида сообщения используются звуки голоса. Под голосом вообще понимаются все звуки, производимые голосовым аппаратом человека. Они могут быть разнообразны. Голос может быть речевым, певческим, шепотным. Человек может кричать, стонать, имитировать различные звуки.

Какой бы звук мы ни взяли, будь то звук музыкального инструмента или человеческого голоса, его можно определить с большой точностью, так как звуки относятся к физическим явлениям и рассматриваются точной наукой — акустикой. Звук хорошо изучен, и основные закономерности, которым он подчиняется, выяснены. Все то многообразие качеств, которое мы умеем на слух хорошо различать в певческом голосе, имеет акустическую расшифровку. Зная ее, мы можем целесообразно влиять на выработку нужных нам качеств голоса.

Возникновение и распространение звука. Под звуком в акустике понимается распространение колебаний, т. е. волн в упругой среде. Поскольку мы говорим о пении и речи, а человек говорит и поет в воздушной среде, то можно утверждать, что звук голоса — это колебание частиц воздуха, распространяющегося в виде волн сгущения и разрежения. Источником возникновения этих волн в музыкальных инструментах обычно являются какие-либо колеблющиеся упругие тела:

струны, деки, напряженные губы. От них звуковые волны расходятся во всех направлениях.

Звук может распространяться по разным средам. Когда человек говорит, его голос проходит не только по воздушным путям, но и по внутренним тканям организма. Звук проникает и через твердые среды: стены, потолки, двери.

Источником певческого голоса являются голосовые связки (складки)² человека, которые, будучи сближены и напряжены, начинают колебаться. Это вызывает периодические сгущения и разрежения, возникающие вследствие повышенного подскладочного давления воздушной струи. Звуковые волны, родившись в гортани, проходят и по тканям, окружающим гортань, и вниз и вверх по воздухоносным путям. Таким образом, они лишь частично выходят в наружное пространство и, распространяясь в окружающей поющего или говорящего человека среде, достигают, в конце концов, уха слушателя.

Остановимся на двух моментах: на поведении звука в голосовой трубке певца, т. е. внутри организма, и на явлениях, связанных со звуком, излучающимся, как говорят в акустике, в наружное пространство.

Когда волны сгущения и разрежения проходят в упругой среде, частицы среды колеблются, передавая колебания соседним частицам. Движение воздушной среды, если оно не чрезмерно быстрое и при небольших расстояниях, порядка 10–12 м, не влияет существенно образом на распространение бегущих волн. Небольшой ветер, даже если он дует в направлении обратном говорящему человеку, не мешает звуковым волнам достичь уха собеседника. Только очень сильный ветер относит звуки в сторону.

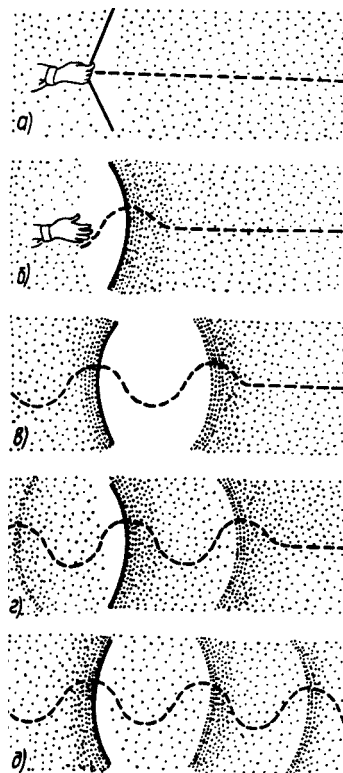


Рис. 1
Схема колебания струны и образования волн. Пунктирная линия — графическое изображение образующихся волн:

а — струна оттянута, но воздушная среда еще спокойна; *б* — струна отпущена, появилась первая волна сгущения. На месте, где она была, возникло разрежение; *в* — образование второй волны, идущей в обратном направлении, и второго разрежения; *г, д* — образование последующих волн сгущения и разрежения. График дает периодическую кривую — синусоиду.

² В последнее время в фониатрии принят термин «складки» вместо «связки». Отсюда «складочное», «подскладочное» и т. д. (Примеч. А. С. Яковлевой).

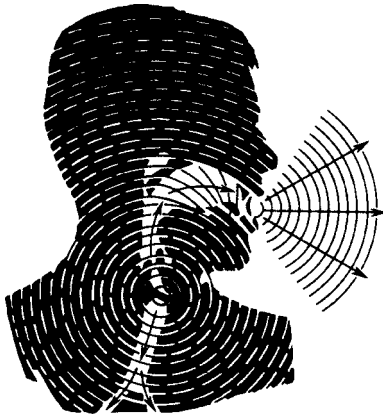


Рис. 2

Схема распространения звука, возникшего в гортани. Белыми линиями на черном силуэте изображены звуковые волны, распространяющиеся внутри организма и практически не достигающие наружного пространства. Черными сплошными линиями показаны волны, которые идут по воздушным путям. Именно эти волны доходят до уха слушателя.

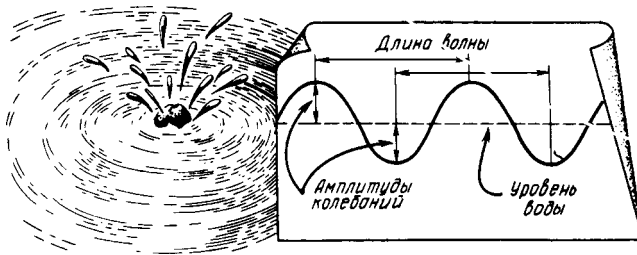


Рис. 3

Схема образования волн на воде и их графическое изображение. Длина волны — расстояние между соседними волнами. Амплитуда — размах колебания от нейтрального положения (уровня).

Таким образом, воздух является лишь передатчиком звуковых колебаний. Мы коснулись этого вопроса потому, что в вокальной педагогике существует термин «озвученное дыхание», которое советуют «направлять» в тот или иной отдел ротовой полости, к губам, к носу и т. п. Следует всегда помнить, что звук распространяется в воздухе, заключенном в голосовой трубке, по акустическим законам, воздух же протекает по ней, следуя другим, аэродинамическим законам, т. е. «озвученного дыхания» как некой особой субстанции в действительности не существует. В самом деле: ведь каждый может сказать несколько слов не на выдохе, как обычно, а на вдохе, в себя, и, несмотря на это, слова будут слышны. Звук, произведенный на вдохе, все равно проходит по надставной трубке и выйдет наружу, несмотря на то что воздух будет идти в обратном направлении. С увеличением расстояния звук убывает в силе, и это убывание обратно пропорционально квадрату расстояния. Названную закономерность следует учитывать, так как она очень невыгодна для поющего.

Звуки тоновые и шумы. Среди окружающих нас звуков мы различаем звуки, имеющие определенную высоту, — *тоновые звуки* и неопределенные по высоте *шумы*. Все музыкальные звуки имеют четко выраженную высоту. Но качество высоты имеют и другие звуки: сирены, гудки, звон бокалов. Тоновые звуки возникают в том случае, если колебания происходят периодически с определенной частотой, что порождает в нашем слуховом органе ощущение высоты звука. Шумы создаются непериодическими колебаниями и потому не имеют определенной высоты. В голосовом аппарате человека при речи и пении возникают и тоновые звуки и шумы. Так, все гласные имеют тоновый характер, а глухие согласные — шумовой. Если мы прислушаемся к звучанию таких согласных, как *с, п, н, ш*, то легко определим их шумовую природу. Музыка — царство тоновых звуков, и пение осуществляется на гласных. Об этих звуках мы и будем говорить.

Всякий музыкальный звук характеризуется высотой, силой и тембром. В певческом голосе различают не только высоту звука, его силу и тембр, но и еще разнообразные качества, которые обычно обозначают какими-либо сравнениями, метафорами: голос льющийся или, наоборот, прямой; округлый или плоский; мягкий или жесткий, резкий, блестящий, металлический или матовый; грудной или головной; рассыпанный или собранный, сконцентрированный; опертый или неопертый; далекий или близкий и т. п. Различают голоса зажатые, тремолирующие, гнусавые, гудкообразные и многие другие. Звуки скрипки или рояля также часто характеризуют словами: бархатный тон, глубокий звук и т. п. Однако все бесконечное разнообразие музыкальных звуков и голоса с точки зрения акустики создается изменением во времени только трех характеристик звука: частоты колебаний, их амплитуды и состава сложного звука, его спектра, которые мы воспринимаем соответственно как *высоту, силу и тембр*.

Высота звука — это субъективное восприятие частоты колебательных движений. Чем чаще совершаются периодические колебания воздуха, тем выше звук. Высота звука, т. е. частота сгущений и разрежений воздуха, рождается в гортани — в голосовых складках человека и зависит от того, сколько смыканий и размыканий осуществляют голосовые складки в процессе колебаний и сколько, соответственно, порций сгущенного подкладочного воздуха они пропустят. Других механизмов, способных изменить высоту звука, в организме нет. Какова бы ни была частота звуковых колебательных движений, скорость, с которой они распространяются по воздуху, остается одинаковой и при 18°C равна 342 м/с. Если бы скорость распространения звуков разной высоты была бы неодинаковой, то ни один из аккордов оркестра не мог бы быть воспринят в зале как одномоментное звучание многих звуков.

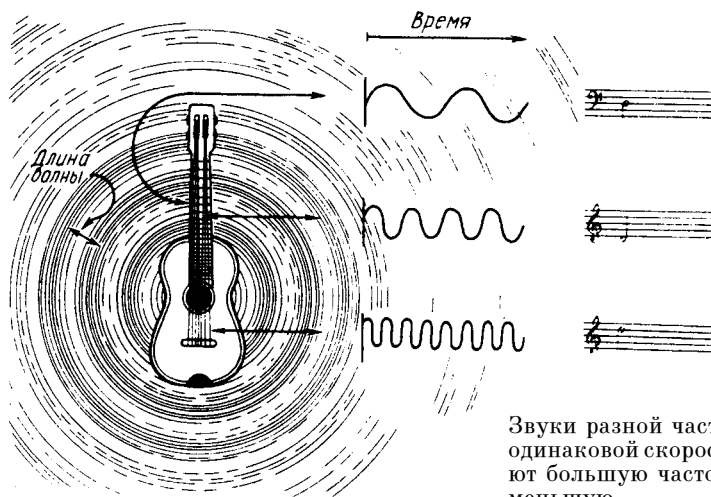


Рис. 4

Звуки разной частоты распространяются с одинаковой скоростью. Высокие звуки имеют большую частоту колебаний, низкие — меньшую.

Расстояние между двумя соседними волнами, т. е. между двумя соседними сгущениями или разрежениями воздуха, носит название *длины волны*.

Частота колебаний и длина волны находятся в обратно пропорциональной зависимости. Их произведение всегда равно 342 м/с, следовательно, зная частоту колебаний, мы можем вычислить длину ее волны и наоборот. Поскольку скорость распространения для всех частот колебаний одна, то в 342 м/с, которые пробегают периодические колебания, более частых колебаний уложится значительно больше, чем редких, а длина их волн будет соответственно короче, чем у редких колебаний. Таким образом, длина волны отражает то же качество, что и частота, т. е. высоту звука. Длинные волны и редкие колебания — это низкие звуки; короткие волны и частые колебания — высокие.

Длины волн выражаются в метрах или сантиметрах и т. д., а частота колебаний — в количестве полных колебаний (периодов) в секунду, так называемых герцах (Гц). Под *периодом* понимается время полного колебания. Чем меньше частота колебаний, тем длиннее период каждого колебания.

Частоты волн, использующиеся в пении, охватывают сравнительно небольшую часть звукового диапазона, который способно воспринять ухо. Обычно ухо воспринимает от 16 до 20 000 Гц, звуковой диапазон певцов распространяется чаще от 60–70 Гц (низкие ноты баса) до 1200–1300 Гц (высокие ноты сопрано), что соответствует длинам волн от 5,7–4,8 до 0,28–0,26 м.

Ми-бемоль большой октавы (басовое) равно 75 Гц и длине волны 4,5 м.

Высокое *до* тенора — 512 Гц, что соответствует длине волны в 60 см.

Высокое *до* сопрано — 1024 Гц, что соответствует длине волны в 30 см.

Эти цифры позволяют ответить на вопрос, как будет себя вести звуковая волна при встрече с препятствием. Соотношение длины волны и размеров препятствия определяют поведение звуковых волн.

Поведение волн при встрече с препятствиями. У певцов существует представление о способности концентрировать, собирать звук, посылать его в различные отделы нёбного свода, направлять звуковой поток по намеченному пути, подобно тому как мы можем собрать лупой солнечный луч или отразить его в желаемом направлении зеркалом. Особая «отражательная» роль отводится в этом смысле нёбному своду, и делаются попытки оценить его профессиональные качества по расчетам, согласно закону светового луча, т. е. по принципу «угол падения равен углу отражения». В действительности же этот закон применим только тогда, когда размеры препятствия сравнимы или превышают длину волны. Если же отношения обратны, т. е. длина волны больше размеров препятствия, происходит обтекание препятствий волной, которая огибает его или, как говорят в физике, дифрагирует (рис. 5). Если с точки зрения этого закона посмотреть на стенки ротоглоточной трубки и, в частности, на нёбный свод, то становится очевидным, что точное отражение звуковых волн основного тона голоса от таких малых размеров поверхностей невозможно. Так, у мужских голосов длины волн исчисляются метрами, а стенки надставной трубки не превышают 10–15 см. Следовательно, согласно энергии, заключенной в основных тонах звука голоса, ни концентрация, ни направление, ни закономерное отражение звуковых волн в надставной трубке певца невозможны. Звук обтекает эти поверхности, скользя вдоль стенок, и не испытывает закономерного отражения.

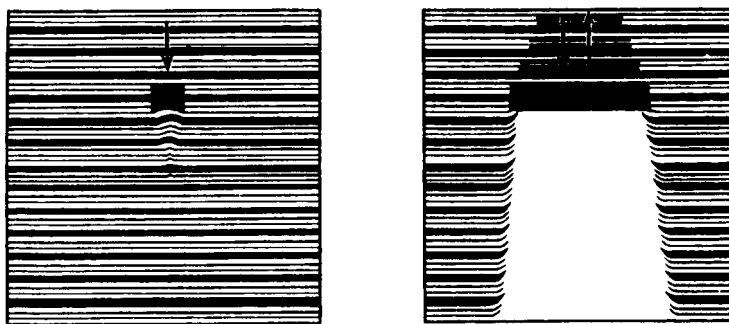


Рис. 5

Схема поведения волн при встрече с препятствием, которое по своим размерам меньше (слева) и больше (справа) длины волны. В свободном пространстве волны обтекают препятствие, если они по длине больше его размера (рисунок слева). При обратных отношениях волны направленно отражаются от него, за препятствием образуется тень.

Для того чтобы звук голоса начал закономерно отражаться от стенок надставной трубки, т. е. от поверхностей порядка 8–10–15 см, он должен иметь длину волны около 10 см или меньше, т. е. частоту около 2800–3500 Гц и выше, что соответствует четвертой и пятой октаве на фортепиано. Значит, отражение возможно только для той части звуковой энергии, которая заключена в высоких обертонах певческого голоса. Вместе с тем в помещении тот же звук хорошо отражается от больших и твердых поверхностей стен, потолка, пола и других крупных по размеру предметов, значительно больших, чем длина его волны. Методом расчета поведения звуковых волн по закону «угол падения равен углу отражения» пользуется архитектурная акустика, изучающая и рассчитывающая акустические свойства различных помещений.

Если размеры препятствия и длина волны равны, то около 45% энергии отражается по закону «угол падения равен углу отражения». Чем меньше длина волны по сравнению с препятствием, тем больший процент энергии отражается. Следовательно, чем выше обертоны голоса, тем полнее они отражаются от нёбного свода и других стенок ротоглоточного канала.

Сила звука — наше субъективное восприятие размаха колебательных движений, его амплитуды. Амплитуда не зависит от частоты звука. Если струну на фортепиано слегка ударить молоточком, а потом сильно — изменится не высота звука, а только сила вибраций струны, т. е. сила толчков, с которой струна будет давить на окружающие ее частицы воздуха. Размах колебаний частиц воздуха в этом случае будет значительным и звук для нас субъективно более громким.

Сила звука голоса, как и его высота, рождается в гортани и растет с увеличением подскладочного давления. Чем больше напор порций воз-

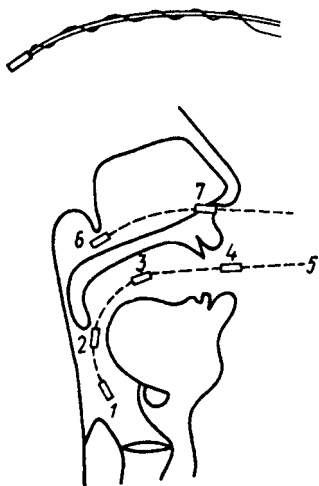


Рис. 6

Измерение силы звука в ротоглоточном канале (по Р. Юссону). Вверху — миниатюрный, укрепленный на длинном стержне микрофон, которым проводилось измерение. Во время пения микрофон вводится в глубину рта и затем постепенно вынимается. Внизу схема полостей, в которых проводилось измерение:

1 — вход в гортань; 2 — область глотки; 3 — ротовая полость; 4 — ротовое отверстие; 5 — сила звука в метре ото рта; 6 — область хоан; 7 — носовая полость у ноздрей.

духа, которые прорываются сквозь голосовую щель, тем выше энергия, которую они несут, больше степень сгущения и следующего за ним разрежения, т. е. сильнее амплитуда колебания частиц воздуха, их давление на барабанную перепонку уха.

Поднятое подскладочное давление является тем энергетическим резервуаром, который питает возникающую в голосовой щели звуковую энергию. Сила звуковых волн затем быстро убывает. Коэффициент полезного действия голосового аппарата очень мал. По данным, приведенным Юссоном³, только 1/10–1/50 часть звуковой энергии выходит наружу. Основная же часть поглощается внутри организма, вызывая вибрацию тканей головы, шеи, груди. Вследствие этого большое значение приобретают все механизмы, способные повысить коэффициент полезного действия. В том и состоит так называемая правильная постановка голоса, в результате которой при наименьшей затрате мышечной энергии квалифицированные певцы получают максимальный акустический эффект. Неопытные же певцы затрачивают много усилий при слабом акустическом эффекте. Сила звука измеряется в единицах — децибелах. Наш слух способен воспринимать очень большие градации звука. Самые сильные звуки, воспринимаемые слухом, сильнее самых слабых в 100 000 000 000 000 раз. Оперировать такими числами неудобно, потому применяется логарифмическая шкала и вводится единица — децибел. На рисунке 7 показана шкала различных звуков в децибелах по отношению к порогу слышимости — к предельно слабым звукам.

Тембр звука. Основной тон и обертоны. Наиболее сложным качеством певческого голоса является его тембр.

Музыкальные тоны, как и большинство окружающих нас звуков, — *тоны сложные*, состоящие из колебаний разной частоты и силы. В слож-

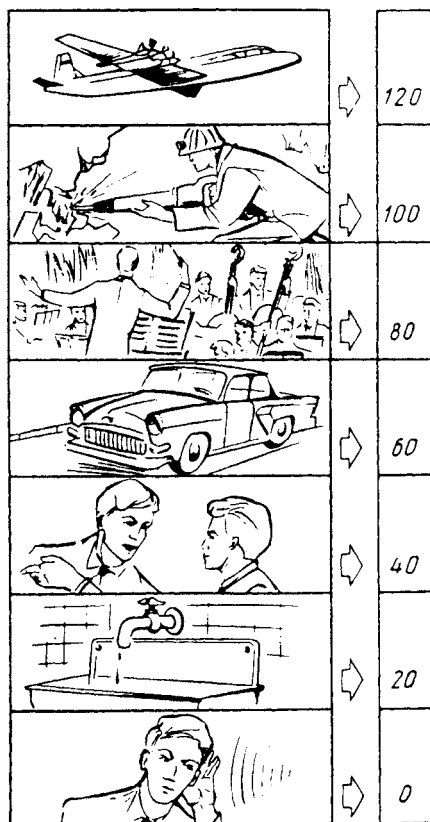


Рис. 7
Сила различных звуков в децибелах

³ Все ссылки здесь и далее даны на его капитальные труды [119], [120].

ном звуке различают *основной тон*, определяющий высоту, и частичные тоны, или *обертоны*, сумма звучания которых создает совершенно определенный тембр, т. е. характер звучания.

Как уже упоминалось, источниками звуковых колебаний в музыкальных инструментах являются, как правило, какие-либо упругие тела: струны, язычки, трости, губы. Когда колеблется какое-то упругое тело, оно совершает колебания не только всей длиной, но и отдельными частями. Каждая колеблющаяся часть толкает окружающий воздух со свойственной ей частотой, что и рождает обертоны. Так, например, колеблющаяся струна совершает колебания с наибольшим размахом всей своей длиной. Но, как показывают наблюдения, при этом струна создает еще и внутренние, частичные колебания — половиной, третями, четвертями и т. д. своей длины. Частота таких колебаний в 2, 3, 4 и т. д. раз больше, чем частота колебания всей струны. Амплитуда частичных колебаний уменьшается с увеличением порядка обертона. Частичные колебания, что в несколько раз выше основного тона, называются *гармоническими*, или *гармониками*. Обертон, частота которого в 2 раза выше основного тона, звучит октавой к нему и именуется октавной гармоникой. Тот, что в 3 раза выше основного тона, звучит квинтой через октаву и т. д.

Представим себе, что колеблется неровная струна, что одна ее половина толще другой. В этом случае частичные колебания будут совершаться неравными частями и соответственно рождать звуки не в 2, 3, 4 и т. д. раза чаще основного тона, а, например, в 2,1 раза, в 3,2 раза и т. д. На фортепиано такие тоны будут звучать диссонансами к основному тону. Например, обертон, который в 2,1 раза выше основного тона, звучит немного выше, чем октава, как увеличенная октава или нона и т. п. Такие обертоны называются *негармоническими*.

При колебании упругого тела все его частичные колебания осуществляются одновременно, каждое из них создает звуковые волны при-

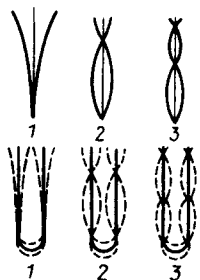
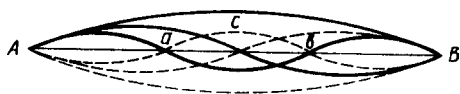


Рис. 8

Колебание упругого тела — струны (вверху), металлического стержня (в середине) и камертона (внизу) — порождает сложный звук. Основной тон и обертоны — следствие колебаний указанных тел всей их длиной и отдельными частями. Колебание всей струны А—В дает основной тон; А—с, с—В—октаву от основного тона (колебания в 2 раза чаще); отрезки А—а, а—b, b—В дают квинту от октавы (колебания в 3 раза чаще). Внизу:

1 — основной тон; 2 — октава; 3 — квинта от октавы.

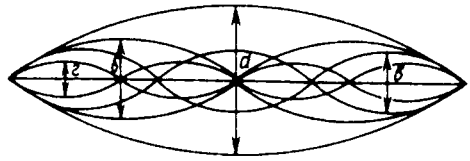


Рис. 9

Схема иллюстрирует рождение обертонов (верхний рисунок), их графическое изображение — спектр и уменьшение амплитуды обертонов с возрастанием их порядка (средний рисунок) и, наконец, звучание гармонического ряда обертонов (нижний рисунок). Второй обертоном, который по частоте вдвое больше основного тона, называется октавным обертоном, потому что расстояние в октаву как раз соответствует удвоению частоты. Третий звучит квинтой в октаву и т. д.

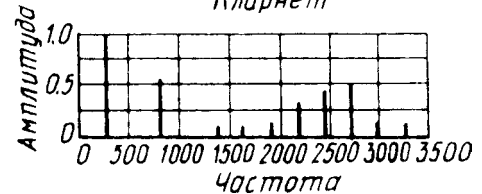
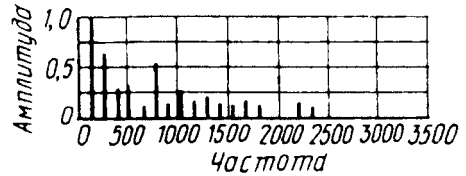
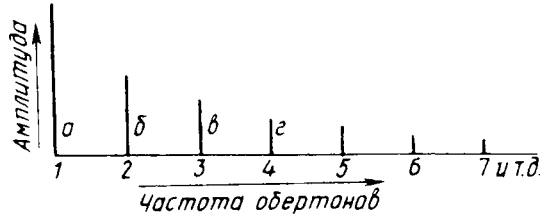


Рис. 10

Сложные кривые, получающиеся при записи музыкального звука, и спектры этих звуков. Вверху — рояль, внизу — кларнет. Видны области усиления обертонов — форманты, от которых зависит тембр этих инструментов (по Н. Гарбузову).

сущей ему частоты. Таким образом, от колеблющейся струны распространяется серия волн — обертонов, воспринимающихся как определенная окраска звучания, как тембр. Количество обертонов может быть очень велико. В исходном тембре, возникающем в голосовой щели, их несколько десятков.

Если графически в виде столбиков изобразить все обертоны сложного звука так, что высота столбика будет отражать величину амплитуды соответствующего обертона, мы получим *спектр сложного звука*. Следовательно, рассматривая спектр какого-либо звука, мы как бы видим его тембр.

Крайний левый столбик соответствует величине основного тона, а остальные обертоны расположены в порядке возрастания их частоты. В спектре колеблющейся струны амплитуда обертонов убывает по мере повышения их частоты, и наиболее сильно выражен основной тон. Это происходит потому, что струна в целом колеблется с большим размахом, чем ее части. Однако если записать и проанализировать сложный звук музыкальных инструментов или человеческого голоса, то на спектре не получается того частотокола убывающих амплитуд, который наблюдается у колеблющейся струны (ср., например, рисунки 9, 10 и 23).

Спектр голоса меняется самым кардинальным образом. Основной тон оказывается в ряде случаев небольшим, а некоторые обертоны или группы обертонов выглядят резко усиленными. Изменение исходного тембра источника колебаний связано с явлением резонанса дек или трубок, коробок и других резонаторов в зависимости от инструмента, о котором идет речь. Анализ спектра сложного звука музыкальных инструментов в настоящее время проводится с помощью акустической аппаратуры.

Впервые музыкальные звуки и звуки голоса были подвергнуты анализу знаменитым ученым Гельмгольцем при помощи сконструированного им набора полых шаров-резонаторов. Резонаторы Гельмгольца представляют собой стеклянные шары, имеющие с одной стороны отверстие, с другой — небольшую выступающую воронкообразную трубку.

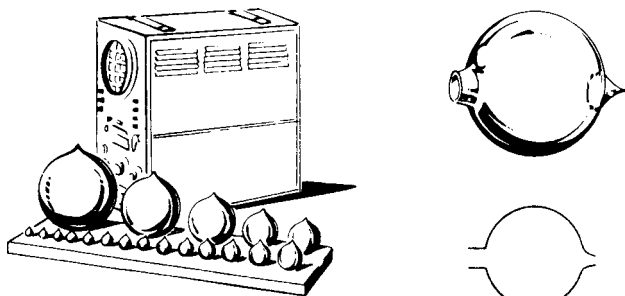


Рис. 11
Современный спектроанализатор на катодно-лучевой трубке и набор резонаторов Гельмгольца — полых шаров различного объема.

Каждый такой шар способен резонировать на звук определенной высоты. Прислоняя воронкой резонаторы к уху, Гельмгольц выслушивал различные музыкальные звуки и нашел те характерные усиленные обертоны, которые определяют тембр того или иного инструмента. Им же были впервые обнаружены характеристические тоны того или иного гласного звука.

Как известно, звуковые колебания можно перевести в колебания механические, электрические и записать их. Впервые с помощью фонографа это осуществил Эдисон. На воске его валика получалась сложная периодическая кривая, в которой нашло отражение множество колебаний, составляющих тембр звука. Конечно, эта механическая запись была груба и ее воспроизведение некачественно. Современная звукозапись, основанная на переводе звуковых колебаний в электрические, на совершенной аппаратуре позволяет получать на звуковой дорожке долгоиграющих пластинок очень точное и полное изображение всех колебаний, составляющих, например, тембры оркестрового звучания и голоса солиста. Одна суммарная кривая звуковой дорожки несет в себе все многообразие звучностей. Однако для анализа звука

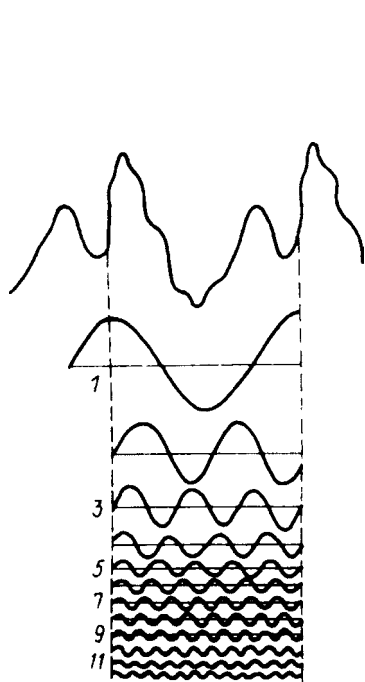


Рис. 12

Разложение сложной кривой звука на серию простых колебаний — синусоид (т. е. на составляющие его обертоны). 1 — 3 — 5 и т. д. — порядок обертонов.

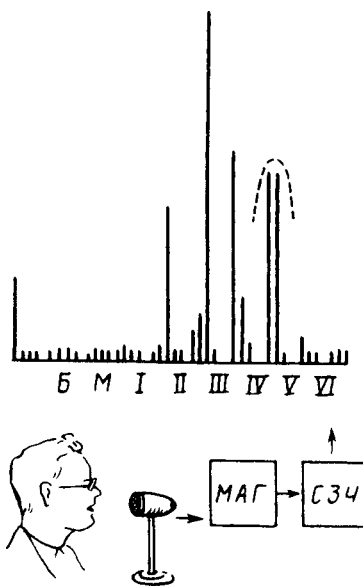


Рис. 13

Схема получения спектра на спектрометре. Записанный на магнитофоне (МАГ) звук подается на спектрометр (СЗЧ), который дает спектральную картину звука. Б, М, I и т. д., обозначают октавы, к которым относятся обертоны. Высота столбиков соответствует силе определенного обертона. Область высокой певческой форманты выделена пунктиром (по В. Морозову).

электрические колебания переводят не на воск, как на грамзаписи, а на фотопленку или специальную бумагу при помощи точных аппаратов — *осциллографов-самописцев*. Получающуюся сложную периодическую кривую затем подвергают анализу, чтобы выяснить, из каких простых колебаний (обертонов) она составлена. В результате можно получить точное изображение всех простых колебаний, т. е. всех обертонов, входящих в состав сложного звука, можно «увидеть» его тембр.

Однако анализ кривой — сложное и длительное дело. Чаще всего для разложения сложного звука на простые составляющие служат различных типов электронные приборы — *спектрометры*, или спектроанализаторы. Построенные по принципу фильтров, они позволяют на экране электронно-лучевой трубки, похожей на телевизионную, увидеть в виде серии светящихся столбиков картину спектра звука. Поющий может наблюдать спектр своего голоса непосредственно в момент фонации.

В настоящее время распространены спектральные интеграторы и сонографы.

Резонанс. Остановимся на *явлении резонанса* — основном механизме, изменяющем первоначальный спектр источника звука в различных музыкальных инструментах. Резонанс служит причиной усиления разных групп обертонов, т. е. основным темброобразующим механизмом. Явление резонанса в быту общеизвестно. Резонанс возникает, например, тогда, когда фортепиано с нажатой педалью отвечает сильной раскачкой той струны, тон которой совпадает со звуком, извлеченным на другом инструменте. (Правда, раскачивается еще несколько струн, но значительно слабее.) Возникновение отзвука на одном инструменте под влиянием звучания второго и есть резонанс. Это явление, весьма важное для понимания многих феноменов, связанных с певческим голосом, позволяет правильно оценить работу так называемых верхнего и нижнего резонаторов певца, разобраться в формировании тембра певческого голоса и образования звуков речи вообще.

В чем сущность данного феномена, и почему на фортепиано сильно ответила только одна струна, а не все, хотя звуковые волны от другого инструмента дошли до всех его струн? Как известно, струна, натянутая на колок, *издает звук определенной высоты*, и это зависит от ее упругости, длины, толщины и характера материала, из которого она сделана. Каждая струна фортепиано имеет свою высоту звучания, т. е. *собственную частоту* колебаний. Звуковые волны, исходящие от другого инструмента, действительно достигают всех струн фортепиано, и под влиянием первой волны они все выходят из покойного состояния и начинают колебаться. Однако под воздействием многочисленной *серии волн* сильно раскачивается только та струна, *собственная частота*

которой совпадает с частотой подходящих волн. Только при этом совпадении частот резонирующая струна получает в такт своих колебаний с каждой новой подходящей волной новую маленькую порцию энергии; постепенно она раскачивается все больше и больше. Другие струны не отзываются на эти малые порции ритмически поступающей энергии, т. е. периодические толчки, потому что они осуществляются не в такт собственным колебаниям струн. Так, если качели подталкивать в такт — они раскачаются, если не в такт, они, качнувшись от первого толчка, будут остановлены вторым или третьим. Если собственная частота струны ровно вдвое, втрое и т. д. больше, чем частота подходящих волн, то такие струны тоже раскачиваются, получая подталкивание в такт через одно, два и т. д. колебания. Но в этом случае раскачка получается менее сильной. Потому и фортепиано отвечает раскачкой не только той струны, которая по собственной частоте совпадает с частотой подходящих волн, но и октавной струны к этому тону, квинтовой струны через октаву и т. д., составная часть которых в 2, 3, 4 и т. д. раза больше частоты подходящих волн. Следовательно, явление резонанса возникает при совпадении не только основных тонов, но и обертонов. Только в этом случае раскачка получается менее сильной.

Теперь рассмотрим вопрос о том, произошло ли усиление звука в результате резонанса струны, и откуда взялась энергия в резонирующей струне? Легко понять, что для слушающего данный звук оказался усиленным, так как одновременно со звуком от другого инструмента до его уха доходят колебания от резонирующей струны. Однако столь же очевидно, что энергию для своих колебаний резонирующая струна получила от другого инструмента, эта энергия не родилась в ней, а лишь постепенно накопилась, аккумулировалась, аналогично энергии, накапливающейся от нашей руки при раскачивании в такт качелей. Это значит, что при явлении резонанса струны фортепиано звук усиливается за счет отдачи накопленной энергии. Сначала звуковая энергия переходит в механические колебания струны (раскачка), а затем механическая энергия колебания снова переходит в звуковые волны. Между тем в других струнах эта энергия не аккумулируется (один толчок раскачивает, а второй — останавливает). При *резонансе звучание усиливается, хотя новой энергии не возникает.* В приведенном примере мы коснулись для наглядности резонанса в струнах. В голосовом аппарате мы имеем дело с резонансом объемов воздуха.

Резонаторы и деки. Под *резонатором* в акустике подразумевается какой-либо объем воздуха, заключенный в упругие стенки и имеющий выходное отверстие. Резонатором он называется потому, что при возбуждении колебания находящегося в нем воздуха он издает звук определенной высоты. На данном принципе построены резонаторы

Гельмгольца. Высота звука, рожденная в резонаторе, зависит от объема заключенного в нем воздуха, формы резонатора и размеров выходного отверстия и называется *собственным тоном резонатора*. С точки зрения акустики стакан, полый шар, трубка, бутылка являются резонаторами. Чем меньше размеры резонатора и вместе с тем объем заключенного в нем воздуха, тем выше собственный тон. Чем меньше выходное отверстие — тем ниже.

В основе резонанса лежит образование так называемой стоячей волны, которая «бегает» в стенках резонатора от дна до края и обратно. Поскольку скорость распространения волны в воздухе постоянна, то за одно и то же время в небольшом объеме воздуха волна успевает совершить много полных колебаний (т. е. собственный тон имеет высокую частоту), а в больших объемах — мало (т. е. небольшую частоту). Поэтому собственный тон резонаторов небольшой величины высок, а большой — низок. На явлении собственных колебаний, возникающих в трубках, основано устройство органов, где самые низкие звуки возникают в трубах, имеющих длину в несколько метров, а самые высокие — 1–2 см.

Когда мы наливаем воду из стакана в бутылку, мы слышим, как звук по мере заполнения ее водой становится все выше, напоминая свисток тогда, когда вода доходит до горлышка. Это связано с уменьшением столба колеблющегося воздуха, причем источником колебаний служит сотрясение его падающей струей воды.

Явление резонанса в резонаторах возникает по тому же принципу, что и в струнах. Резонатор «отвечает» на звук, совпадающий по частоте (высоте) с его собственным тоном, аккумулирует, накапливает энергию, содержащуюся в подходящих к нему волнах, а затем отзвучивает, отчего звук для слушателя становится громче.

В голосовом аппарате человека имеется множество полостей и трубок, в которых могут развиваться явления резонанса. Трахея и бронхи, полость гортани, глотки, рта, носоглотки, носа и окружающие его мелкие придаточные полости обладают достаточно упругими стенками для того, чтобы в них возник резонанс. Одни из них по своей форме и размерам неизменны, даны от природы, следовательно, всегда усиливают одни и те же обертоны, порождают постоянно присутствующие

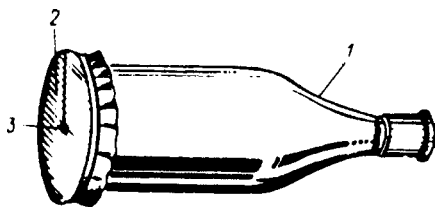


Рис. 14

Опыт Гельмгольца, доказывающий наличие колебаний в резонаторе. В бутылке, служащей резонатором (1), вместо дна натянута перепонка (2), к которой свободно прикасается подвешенный на нитке легкий шарик (3). Когда бутылка резонирует, перепонка под влиянием раскочки воздуха внутри бутылки начинает колебаться, а шарик отскакивать от нее.

в голосе призвуки и не могут быть специально приспособлены для усиления каких-либо других обертонов (например, нос и его придаточные полости). Другие легко меняют свою форму и размеры, например, ротовая полость, глотка, надскладочная полость гортани, т. е. могут использоваться в широких пределах для изменения исходного тембра путем резонаторного усиления определенных групп обертонов. Именно благодаря резонаторным явлениям в спектре голоса получаются «пики», усиливаются отдельные обертоны, которые часто оказываются сильнее основного тона (см., например, рисунки 13 и 23).

В струнных инструментах основным механизмом, меняющим исходный тембр струн, служат деки. Под деками понимаются специально сконструированные деревянные доски, образующие, например, корпус струнных инструментов. Деки отдают воздушной среде те колебания, которые они получили от источника колебаний — от струн. Однако они являются не только передатчиками, но и трансформаторами тембра исходного звука струн.

Для того чтобы понять, как это происходит, позволим себе привести следующий пример. Всем известен ксилофон — инструмент, состоящий из отдельных деревянных дощечек — брусочков различной длины, которые при ударе палочкой издают музыкальный тон определенной высоты. Этот тон зависит от длины брусочка, его толщины и материала, из которого он сделан. Собственно, и резонировать дощечка будет на этот тон. Деки можно себе представить как сумму таких дощечек, скрепленных воедино и имеющих различную форму у разных инструментов. Звук от колеблющейся струны в виде убывающего частотола амплитуд передается декам. Последние начинают колебаться с присущими им собственными колебаниями, в результате чего в пространство излучается не столько тот спектр, что рожден струной, сколько тот, который свойствен декам, корпусам инструментов. Общеизвестно, что ценность скрипки определяется особенностями строения ее корпуса, дек, а не качеством натянутых струн. То же относится и к фортепиано, где кроме механики ценится прежде всего то, что дает красивый звук, т. е. качество деревянных конструкций, дек. В результате колебания дек те или иные обертоны, хорошо резонирующие в деках, могут оказаться относительно сильнее других. Так, из убывающего частотола частот, характерного для колебаний струны, образуется спектр с отдельными усилениями, «пиками» тех или иных частот (см. рис. 10).

В голосовом аппарате не существует подобных дек. Механизм изменения исходного тембра не связан с вибрациями груди, нёбного свода или каких-либо частей организма, как об этом иногда пишут в старых руководствах. Изменение исходного тембра гортани целиком

зависит от резонаторных явлений, развивающихся в полостях голосового аппарата. В настоящее время исследован как звук, возникающий в голосовой щели, так и воздействие на него резонаторных полостей.

Звук голосовой щели. При операциях на гортани был впервые изучен звук, исходящий непосредственно из голосовой щели в раневое отверстие. Он был записан и акустически проанализирован. На слух он резко отличается от нормального. Прежде всего, изменен его индивидуальный тембр, он неузнаваем, носит «пищащий» характер и, кроме того, не имеет формы гласного звука. При попытке произнести разные гласные или слова голосовая щель издает однородный тон. Губы и язык делают соответствующие артикуляционные движения, но поскольку звук гортани идет непосредственно в раневое отверстие, а не поступает в ротоглоточный канал, никакого звука изо рта не выходит. Данный факт подтверждает, что в гортани возникает индифферентный звук, не имеющий формы того или иного гласного, что характер речевого звука есть результат прохождения исходного тембра гортани через надставную трубку, т. е. ротоглоточный канал.

Форманты гласных звуков речи. Как известно было еще со времен Гельмгольца, каждый гласный звук содержит в своем обертоновом составе две основные, относительно усиленные области частот, так называемые *характеристические тоны* Гельмгольца, по которым наше ухо

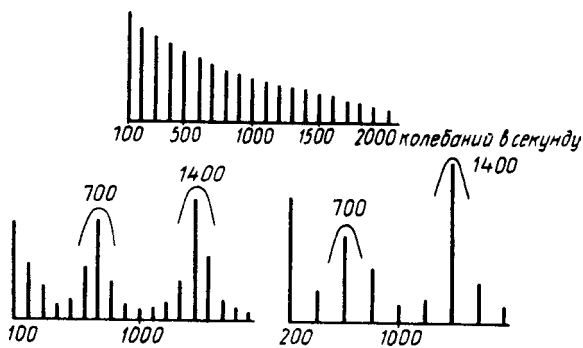


Рис. 15

Вверху — спектр гортани, состоящий из большого числа убывающих по амплитуде обертонов. Внизу спектры гласного звука *e*, взятого на разной высоте (слева 100 Гц, справа 200 Гц). Формантные области 700 и 1400 Гц остаются постоянными, несмотря на измененные высоты основного тона.

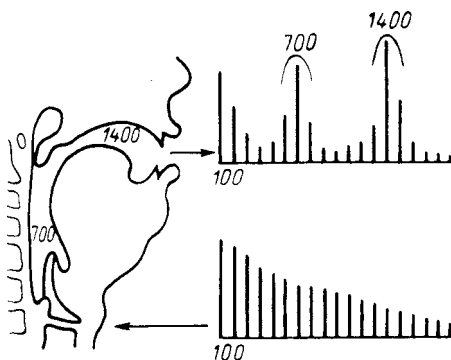


Рис. 16

Схема образования из первичного спектра гортани спектра звука *e*. Показаны полости рта и глотки, где в результате резонанса усиливаются обертоны, имеющие формантное значение, т. е. придающие звуку характер гласного *e*.

отличает один гласный звук от другого. Есть и другие характеристические области частот, в некоторых гласных их 4–5, но основные — две.

Эти области частот носят название *формант гласных*.

Одна из областей обязана своим происхождением резонансу глотки, вторая — резонансу ротовой полости. Этим определяется необходимость при переходе от одного гласного к другому перемещать язык из одной позиции в другую. Язык является основным артикуляционным органом, перемещение которого создает в ротовой и глоточной полости нужные для образования формант объемы воздуха. Именно потому невозможно при одном положении языка произнести разные гласные. Зафиксированное положение языка создаст и одинаковые по объему полости в глотке и во рту (следовательно, одинаковый их резонанс), форманты не смогут образоваться, и гласные не возникнут.

Объемы глоточной и ротовой полостей находятся по величине в обратных отношениях и изменяются при произношении разных гласных в последовательности *и-е-а-о-у*. На *и* ротовая полость наименьшая по объему, так как спинка языка поднята к передней части твердого нёба. Эта малая полость резонирует на 3000 Гц. В ней образуется ротовая форманта гласного *и*. На гласном *и* глоточная полость, наоборот, наибольшая. Она резонирует на звук высотой в 400 Гц, и в ней образуется глоточная форманта гласного *и*. Ротовая полость увеличивается при переходе от гласного *и* к гласному *у*, глоточная же уменьшается при переходе от *и* к *е*, на *о* и *у* снова увеличивается.

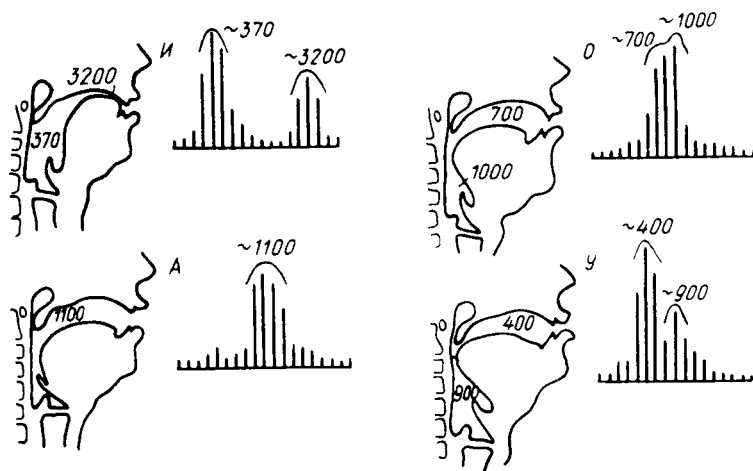


Рис. 17

Положение артикуляторных органов при произнесении речевых гласных *и, а, о, у* по рентгенограммам и спектры этих гласных. Спектры сняты в акустической лаборатории Московской государственной консерватории им. Чайковского при содействии Д. Юрченко и Е. Рудакова. На спектрах хорошо видны формантные области гласных, а на рисунках — полости, в которых эти форманты возникают. Ясно различается перемещение языка при переходе от одного гласного к другому. Надгортанник следует за корнем языка, и вход в гортань меняет свои размеры.

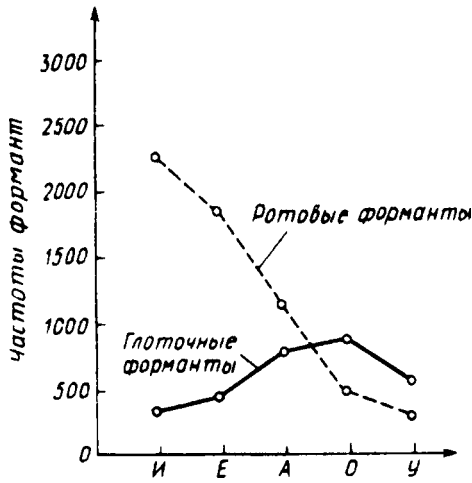


Рис. 18

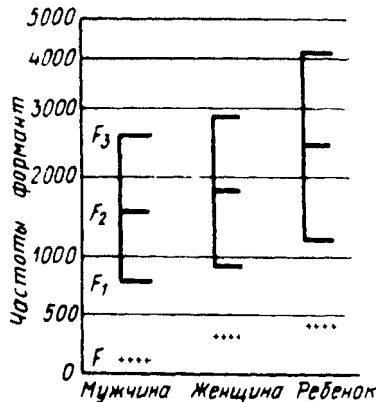
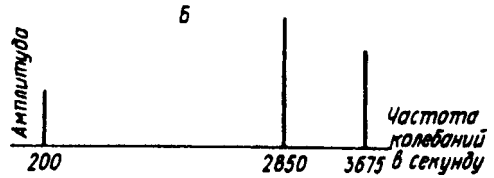
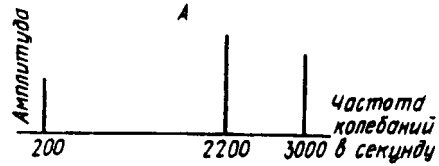
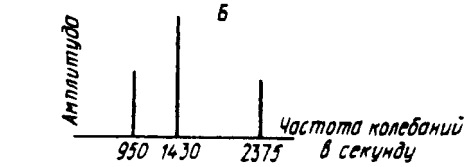
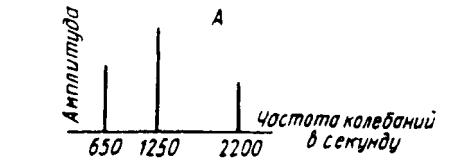
Схема изменения формантных областей гласных русского языка при переходе от одного звука к другому и место их возникновения. От *и* к *у* частота ротовых формант понижается, глоточных — повышается (составлена по измерениям Г. Фанта).

Рис. 19

Спектры речевого звука *а* вверху, речевого звука *и* внизу у мужчин и женщин (по Н. Жинкину). *А* — мужской голос, *Б* — женский голос. У женских голосов формантные области несколько смещены к высоким частям.

Рис. 20

Формантные области гласного *е* у мужчины, женщины и ребенка (по Р. Юссону). У женщины и ребенка основные тоны, обозначенные крестиками, и формантные области (в виде линий) смещены вверх.



Таким образом, *переход от одного гласного к другому есть тембральное изменение звука*, обязанное своим происхождением изменению резонанса ротоглоточных полостей. Между тем каждый из нас легко различает не только гласный или согласный звук, но также и то, кто их произносит: мужчина или женщина, бас, баритон или тенор и т. д. Такое различие зависит не только от разной высоты, на которой говорят мужчины или дети, но и от формант гласных, которые у детей и женщин сдвинуты вверх по диапазону (рис. 19 и 20). Мы различаем также,

знакомый или незнакомый человек произнес слово. Подобные особенности тембра связаны с неформантными областями спектра, т. е. со всем остальным набором обертонов голоса, характерных для того или иного человека, что и создает его индивидуальный тембр.

У человека есть *два механизма изменения тембра*, две возможности воздействия на тембр голоса: можно менять, во-первых, исходный тембр, рождающийся в голосовой щели (например, грудной и фальцетный звук, жесткая или мягкая атака звука), и, во-вторых, форму и размеры резонансных полостей по пути движения звука от голосовых складок до губ.

Форманты музыкальных инструментов и певческие форманты.

Выше речь шла об образовании речевых формант гласных; термин «форманта» рассматривался только в связи с гласными. Однако этим термином обозначается любое усиление обертонов в спектре, формирующее то или иное характерное качество тембра звука. Особым набором обертонов-формант отличается, например, звучание гобоя, флейты, кларнета, фагота и т. п. Знание характерных усиленных частот-формант того или иного инструмента позволяет воспроизводить звучание и искусственно создавать тембры различных музыкальных инструментов. Этой возможностью с давних пор пользуются, например, при конструировании органов, имеющих наряду с клавиатурой регистры, воспроизводящие тембры многих инструментов.

Конечно, особенности звучания инструментов не ограничены определенным набором характерных обертонов — формант, они зависят от характера начала звука, его длительности, от изменения силы звука, вибрато. Например, звук фортепиано начинается с удара молоточка по струне и затем всегда затихает. Кроме того, он не имеет такого вибрато, как скрипичные инструменты. Скрипка же или виолончель могут начать звук с едва слышного *pianissimo* и развернуть звучание до *forte*, менять по своему выбору динамику на протяжении звучания, так же как и вибрато.

Спектр звука речевого голоса состоит из усиленных обертонов, определяющих звучание его в форме того или иного гласного речи, т. е. формант гласных и остальных обертонов, расположенных во неформантных областях. С этим связаны индивидуальные особенности звучания голоса того или иного человека. Конечно, неодинаковое звучание речи у разных людей зависит и от многих других признаков: от высоты, на которой человек говорит, от мелодики речи, ее темпа, богатства и индивидуальных особенностей артикуляции, от динамических различий и т. п. Наше ухо чутко ловит эти особенности и по ним опознает говорящего. Если особенности речи выходят за пределы норм данного языка, то мы их воспринимаем как акценты, как искажения.

При переходе от речи к пению высота каждого звука вместо скольжения по звуковой шкале вверх или вниз приобретает устойчивость, слоги растягиваются, и в голосе, как правило, появляется приятная вибрация. При обычном бытовом пении голос мало различается по тембру от речи, так как для этого используются привычные речевые установки голосового аппарата. Однако наш слух легко выделяет тех, кто имеет певческий голос. Следовательно, в певческом голосе содержатся определенные особенности, которые составляют специфику певческого голоса. Они относятся не столько к силе звука или звуковысотным возможностям (громко и высоко могут петь многие), сколько к тембровым качествам, которые особенно хорошо выражены у тех, кто имеет от природы поставленный голос или профессионально обработанный.

Хорошо поставленный певческий голос в современной европейской оперной манере отличается, кроме большой силы и больших звуковысотных возможностей, ровностью красивого⁴ вокального тембра. Это означает, что певческий голос всегда звучит ярко, звонко, блестяще, с большим количеством «металла» и вместе с тем округло, мягко, объемно. Кроме того, он всегда имеет льющийся характер; звук хорошо тянется и имеет приятную, ровную пульсацию — вибрато, с чем и связано, как показывают эксперименты, его свойство литься. Если звук лишить вибрато, то он приобретает «прямой», безжизненный характер. Вибрато воспринимается нами как составная часть тембра звука.

Анализ спектра хорошо поставленного певческого голоса показал, что те его особенности, которые мы хорошо слышим в тембре, такие как металличность и блеск — с одной стороны, и мягкость, округлость — с другой, зависят от усиления в спектре голоса соответственно двух областей обертонов. Эти области усиления частот, характеризующие специфический певческий тембр голоса, были названы *певческими формантами*.

Низкая и высокая певческие форманты. Приоритет в открытии певческих формант принадлежит отечественной науке. В 1928 г. В. С. Казанский и С. Н. Ржевкин установили, что в спектре хорошо поставленного мужского певческого голоса всегда присутствуют усиленные обертоны с частотой в области 517 Гц. Эта форманта получила название низкой певческой форманты. С ее присутствием связано округлое, полное и мягкое звучание певческого голоса. Если эту область «вырезать» из звучания голоса, отфильтровать ее, то звук обесцвечивается, приобретает плоский характер. Позднее, в 1934 г., В. Бартоломью [115], работая на

⁴ Понятие красоты относительно. Для одних народностей красиво то, что для других может быть эстетически неприемлемо. Мы говорим о красоте тембра с точки зрения современного европейца, воспитанного на классической оперной музыке.