

БРАТСТВО НАШЕ

СССР

МУЗЫКА

МОСКОВСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ



В. П. МОРОЗОВ

ТАЙНЫ ВОКАЛЬНОЙ РЕЧИ



В.П. Морозов

«Тайны вокальной речи»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Искусство и наука

- Наивысшее и совершеннейшее человеческое приспособление
- Секреты маэстро
- Физики и лирики
- Измерение таланта
- «Захват» речи

2. Рассказы о силе голоса

- «Громобой» и микрофон
- Звуковые веса
- Сколько в голосе калорий?
- Децибелы — это удобно
- Голос Шаляпина на весах
- Динамический диапазон — запас силы голоса
- «Сильно» — еще не значит «громко»
- Что значит fff?
- Курьезы полетности голоса
- Под шумовой завесой

3. Как колеблются наши голосовые связки

- Соперники Имы Сумак
- Певцы из мира безмолвия
- От ларингоскопа до «фабра»
- Рождение новой теории
- Третья функция голосовых связок
- Прав ли Рауль Юссон?
- В споре рождается истина
- Тенор или баритон?

4. «Цвет» голоса

- Анатомия тембра
- Секрет звонкости голоса
- По заказу слуха
- Сколько у вас в голосе металла?
- Зачем голосу вибрато?
- История говорящей машины
- Электронное ухо исследует резонаторы

5. Искусство пения — искусство дыхания

- Пока шли споры
- О чем рассказывают дыхательные кривые
- О певческой опоре
- Парадоксальное дыхание
- Эволюция дыхательной функции

6. Законы дикции

- Глокая куздра
- Метод измерения дикции

- Гласные — река, согласные — берега
7. Загадки вокального слуха
- Слух и речь
 - Парадокс абсолютного слуха
 - Застывшие звуки
 - Глухой Отелло
 - Шум как лекарство
 - Забавный опыт с искусственным эхо
 - Активная природа слушания
 - Моторная теория восприятия речи
 - «Слушание» через кожу
 - Что такое «маска»?
 - Обратные связи голоса
 - Вдохните запах чудной розы!
8. Литература

ИСКУССТВО И НАУКА

... между наукой и искусством союз не только возможен, но и необходим.

В. Брюсов.

Подлинной теории певческого голоса не существует, и, чтобы ее создать, необходимо подробно изучить певческий голос, применяя современные методы акустики и физиологии.

С. Н. Ржевкин.

Наивысшее и совершеннейшее человеческое приспособление

Речь человека, обращенная к чему-либо, вызывает к себе величайший интерес человека и представляет собой наиболее характерное достижение человека.

Н. Винер.

Удивительным свойством наградила человека природа, дав ему возможность выражать свои чувства и мысли при помощи звуков. Это свойство академик И. П. Павлов назвал второй сигнальной системой, наивысшим и совершеннейшим человеческим приспособлением.

Человек произносит слова. Мы воспринимаем их смысл. Но как много смысла, помимо слов, кроется в самом звуке голоса! Прислушайтесь к звукам речи незнакомого человека. .. Разве тембр голоса, манера говорить, интонации не расскажут вам многое о его чувствах и характере? Ведь голос бывает теплый и мягкий, грубый и мрачный, испуганный и робкий, ликующий и уверенный, ехидный и вкрадчивый, твердый, живой, торжествующий и еще с тысячью оттенков, выражающих самые разнообразные чувства, настроение человека и даже его мысли. Рассказывают, что когда к Сократу однажды привели человека, о котором он должен был высказать свое мнение, мудрец долго смотрел на него, а потом воскликнул: «Да говори же ты наконец, чтобы я мог познать тебя!».

К этому можно добавить, что еще в «Книге занимательных историй», написанной Абуль-Фараджем в XIII в., даются советы, как по голосу судить о различных чертах характера человека: «...тот, кто разговаривает, постепенно снижая голос, — несомненно чем-то глубоко опечален...», тот, кто говорит слабым голосом — робок, как ягненок, тот, кто говорит пронзительно и несвязно — глуп, как коза» и т. д.

Способность голоса передавать тончайшие оттенки чувств и мыслей давно ценится и широко применяется в актерском творчестве. Так, например, знаменитый драматический актер Т. Сальвини, когда его спросили, что он считает самым главным для артиста, убежденно ответил: «Голос, голос и еще раз голос!».

Наконец, чудеснейшее свойство голоса выражать чувства и эмоции наилучшим образом проявляется в искусстве пения.

Еще в глубокой древности, когда человек делал свои первые попытки овладения звуковой речью, еще настолько несовершенные, что вряд ли их можно было тогда назвать «наивысшим и совершеннейшим приспособлением», спел древний человек и свою первую песню. Так, по мнению ученых, родилось искусство пения, которое, развиваясь и совершенствуясь, дошло до наших дней как самое доступное, самое распространенное, самое любимое искусство народов всего земного шара.

Пение — это прежде всего музыка. Но человеческий голосовой аппарат далеко не обычный «музыкальный инструмент»: ничто не может сравниться с ним по богатству тембра и тонкости выражения музыкальных оттенков, а главное — это «говорящий музыкальный инструмент».

Если слово адресуется к сознанию человека, к его второй сигнальной системе — системе мышления, то тембр голоса и все музыкальное сопровождение — непосредственно к его чувствам. «Слово (в пении, — В. М.) — что, музыка — как», — говорил К. С. Станиславский.¹⁾ Трудно спорить, что важнее в искусстве пения: и то и другое оказывается исключительно важным. В этом, органическом единстве слова и музыки, смыслового и эмоционального и состоит сила вечно живого вокального искусства. Вспомним, например, как И. С. Тургенев услышал однажды пение талантливого народного певца-самородка Якова Турка: «„Не одна во поле дороженька пролежала“, — пел он, и всем нам сладко становилось и жутко. Я, признаюсь, редко слыхивал подобный голос: он был слегка разбит и звенел, как надтреснутый; он даже сначала отзывался чем-то болезненным; но в нем была и неподдельная глубокая страсть, и молодость, и сила, и сладость, и какая-то увлекательно-беспечная, грустная скорбь. Русская, правдивая, горячая душа звучала и дышала в нем, и так и хватала вас за сердце, хватала прямо за его русские струны ... У меня, я чувствовал, закипали на сердце и поднимались к глазам слезы; глухие, сдержанные рыдания внезапно поразили меня. . . я, оглянувшись — жена целовальника плакала, припав

Примечание [MN1]: 1. . . Это сочетание слова и музыки в пении дало основание известному советскому фонетику И. И. Левидову назвать пение «музыкальной речью» или «музыкальной речью». Теперь часто употребляется термин «вокальная речь».

грудью к окну ... по железному лицу Дикого-Барина, из-под совершенно надвинувшихся бровей, медленно прокатилась тяжелая слеза».

Огромная художественная сила, общедоступность и популярность делают вокальное искусство одним из важнейших средств идеологического и эстетического воспитания широких народных масс. Вспомним, например, какую огромную роль в пропаганде идей мира и труда сыграли такие песни, как «Хотят ли русские войны» Э. Колмановского, «Пусть всегда будет солнце» А. Островского и многие другие, звучащие на языках народов всего мира.

Несмотря на огромную популярность и, казалось бы, всеобщую доступность, вокальное искусство является в то же время и одним из труднейших для овладения. В большой мере это объясняется сложной природой певческого голосового аппарата, в основе деятельности которого лежат не только музыкально-эстетические, но и акустико-физиологические закономерности. Недостаточное знание и учет этих закономерностей, к сожалению, нередко еще до сих пор является причиной неудач при обучении пению.

О вокальном искусстве написано довольно много, но главным образом с музыкально-эстетической точки зрения. Цель настоящей книги несколько иная; в ней речь идет о материально-технической стороне певческого процесса — об акустических и физиологических особенностях образования и восприятия вокальной речи с точки зрения современных научных данных. Для лучшего понимания этих особенностей в книге часто проводятся сопоставления вокальной речи с обычной разговорной речью.

Однако книга эта ни в коей мере не претендует на то, чтобы кого-то научить петь, и предназначена она не столько для самих певцов, сколько для их слушателей, т. е. для всех, кто желает поближе познакомиться с необычной ролью нашего речевого аппарата, выступающего в пении в качестве своеобразного «живого музыкального инструмента».

Секреты маэстро

Он говорил нам эти знаменитые в классах пения мистические слова: «опирайте на грудь, Не делайте ключичного дыхания», «упирайте в зубы», «голос давайте в маску».

Ф. И. Шалапин.

Если обучение речи давно уже приобрело строгие формы научно обоснованной педагогической дисциплины, то о вокальной педагогике даже сегодня этого еще сказать нельзя. Современная вокальная педагогика представляет собой исторически сложившийся эмпирический метод обучения, основанный главным образом на интуиции, богатых исполнительных традициях и опыте выдающихся мастеров пения. В этом смысле профессия вокального педагога — одна из труднейших, — по-видимому, ближе стоит к искусству, чем к науке, хотя по природе своей связана как с тем, так и с другим.

С давних времен методы обучения пению, как правило, окружались ореолом таинственности. Старые итальянские маэстро в строжайшей тайне хранили свои секреты обучения вокальному мастерству. «С какой стати все будут применять мой секрет, до которого я дошел», — говорили они (Багадуров, 1956, стр. 163).

Однако сохранение в тайне вокально-методических приемов — это только одна из причин недостаточного развития вокальной педагогике как науки. Другая, более важная, причина заключается в том, что долгое время сама наука не могла дать вокальной педагогике достаточно точных сведений о механизмах работы голосового аппарата человека, данных, которые могли бы лечь в основу построения научно обоснованных методов развития голоса. Поэтому главным методом вокальной педагогике всегда являлся и до сих пор еще является метод самонаблюдения и передачи ученику собственных (субъективных) ощущений учителя. Особый интерес в этом отношении, казалось бы, заслуживает опыт выдающихся мастеров вокального искусства, многие из которых брались за перо, чтобы рассказать миру о своей артистической жизни. В последнее время издательство «Музыка» выпустило в свет серию таких книг (Ф. Шалапина, Б. Джильи, Титта Руффо, Тоти даль Монте, В. Королевич и др.). Перелистывая страницы этих мемуаров и воспоминаний, читатель познакомится с массой курьезных случаев и подробностей из интимной жизни великих артистов. Однако напрасно он будет стараться найти сколько-нибудь систематическое изложение тех методов и приемов работы над голосом,² при помощи которых они достигли своего мастерства. Знаменитые авторы, как правило, избегают о них говорить, отчасти, по-видимому потому, что считают эти подробности малоинтересными для широких кругов читателей, а отчасти, вероятно, из убеждения, что каждый из них обладает особым, ни с чем не сравнимым и неповторимым методом. Наилучшим образом эту мысль выразил Э. Карузо в своей книге «Как надо петь» (1908): «Если бы мне кто-нибудь захотел задать вопрос, то я ответил бы ему: если у меня и в самом деле есть особый способ петь, то он пригоден, вероятно, только мне одному». Вряд ли у нас есть основание сомневаться в искренности этих высказываний Карузо, так как этот выдающийся певец, решив как-то стать педагогом, приобрел на этом поприще печальную славу: довольно быстро испортил голос своему единственному ученику, обладавшему вовсе не плохими вокальными данными. Такая же участь постигла и не менее известного певца Котоньи, который, проработав в Петербургской консерватории два года, по словам профессора Ф. Ф. Заседателева, «никому никого не смог там научить». Подобные случаи, разумеется, не закономерность, но, к сожалению, не такое уж и редкое исключение, чтобы об этом не стоило упоминать.

Эти факты говорят о главном недостатке «метода субъективных ощущений»: недостаточно самому владеть секретом *bel canto*³ — важно уметь передать этот секрет другому. Чрезвычайное разнообразие, индивидуальность и частое несоответствие наших собственных ощущений ощущениям другого лица, к сожалению, нередко оказывается непреодолимым препятствием в обучении вокальному мастерству.

Было бы, однако, несправедливо утверждать, что в литературе не существует руководств по методике развития вокальной техники: напротив, руководств таких множество. Однако большинство из них, написанных в разные времена и разными авторами, как правило, из числа певцов, основывается главным образом на субъективных ощущениях автора и менее всего — на точных объективных научных данных. По словам одного из наиболее эрудированных специалистов в области вокальной методологии, профессора Ф. Ф. Заседателева, руководства эти бывают, как правило, составлены довольно стереотипно: «...хорошее предисловие, где указывается на падение вокального искусства в переживаемую нами эпоху, глава об анатомии голосового аппарата, коего преподаватели чаще всего не видели (а в этом я убедился, ибо знаю, с какой жадностью и любопытством смотрят они на движение голосовых связок у живого человека); по физиологии голоса — причем (в этой главе) ... вместе с именами обыкновенно давно уже почивших, а иногда и ныне здравствующих физиологов встречаются цитаты из творений индусских йогов, Мольера, Шекспира и даже, как недавно довелось мне видеть,

Примечание [MN1]: 2.

Следует, правда, указать на то, что сам Э. Карузо написал любопытную книгу «Как надо петь», в которой содержится немало ценных указаний певцам (Caruso, 1908). Книга эта, к сожалению, не переведена на русский язык, за исключением нескольких выдержек, содержащихся в монографии И. К. Назаренко «Искусство пения» (1963).

Примечание [MN2]: 3. *bel canto* (итал.) — прекрасное пение

приводится мнение о дыхании астронома Фламариона ... Если к этому добавить, наконец, нелестные эпитеты, а на это авторы не скупятся, по адресу своих коллег, также писавших по данному вопросу, то книга готова. Но, к сожалению, заканчивается она как раз на том месте, где читатель хотел, наконец, найти указание на то, как надо петь и как автор добивается успеха у своих учеников. На это ответа обыкновенно не бывает. Огромное большинство вокальных педагогов считает, что огромное большинство из них никуда не годится; и, к сожалению, огромное большинство из них право» (1935, стр. 5—6).

Очень может быть, что представитель науки (проф. Ф. Ф. Заседателев) все же слишком строг и несправедлив к вокальным педагогам. Что же в таком случае говорят о своих методах сами вокальные педагоги? Предоставим слово одному из них: «Кто посетит многочисленные „школы“, цветущие пышным цветом (на полуправильном положении) в каждом городе Италии, тот может услышать от несчастных учеников безумные вокально-технические выражения, вроде: техника „рыдания“ (signozzi), техника „обоняния“ (fiuto), техника „купола“, или „зонта“ (ombrello) и даже „рвоты“ (vomito); кто больше верит этим „школам“ и их глупым „секретам“, тот больше от них страдает». Эти слова принадлежат известному итальянскому певцу и вокальному педагогу Лаури-Вольпи (см.: И. К. Назаренко, 1963, стр. 145). Все эти методы Лаури-Вольпи называет «пагубным эмпиризмом» и призывает заменить их подлинно научными.

Физики и лирики

В основе любого искусства, каким бы сложным оно ни было, лежат естественные закономерности. Поэтому неслучайно многие практики вокального искусства не раз высказывались о необходимости привлечения науки на службу вокальной педагогики. Более того, некоторые из них в поисках недостающих научных данных, сами становились исследователями. Так, например, Мануэль Гарсиа (сын известного оперного певца Мануэля Гарсиа), кстати говоря, обладавший не в пример своему знаменитому отцу очень скромными вокальными данными, известен не только как выдающийся вокальный педагог, давший миру целую армию замечательных певцов, но и как пытливый исследователь. Ему принадлежит изобретение ларингоскопа — маленького круглого гортанного зеркала для наблюдения голосовых связок человека. Изобретение Гарсиа (им с успехом без каких-либо изменений пользуются врачи-ларингологи и в наши дни) сыграло большую роль в развитии правильных представлений о физиологических механизмах образования голоса. Гарсиа впервые с научной точки зрения правильно истолковал процесс образования голоса как результат колебаний голосовых связок под действием проходящего через их сомкнутые края воздуха.

Научные труды Гарсиа высоко оценил, в частности, известный физиолог Мажанди, а Парижская академия наук вполне заслуженно присудила ему ученую степень доктора медицины. Исследования Гарсиа по физиологии голоса, опубликованные в его фундаментальном труде «Полный трактат об искусстве пения» (1847), а еще раньше в «Заметках о человеческом голосе» (1840), легли в основу так называемой миоэластической теории голосообразования, господствовавшей в науке более ста лет.⁴

Однако идея взаимодействия искусства с наукой далеко не всегда и не всеми представителями вокального искусства встречалась с восторгом, «От того, что узнаешь, какие мускулы управляют движениями гортани, — говорил, например, известный педагог Е. Панофка, — лучше не запоешь». Сторонники науки (физики) не сдавались.

— Послушайте, — говорили они лирикам. — Ваш ползучий эмпиризм — это метод проб и ошибок! Он лишь случайно приводит к успеху!

— Моцарт ничего не знал о «фигурах Хладни»,⁵ — язвительно отвечали лирики.

Бывали, разумеется, споры и погорячей. Нечего греха таить, знает история вокальной педагогики и своих Галилеев, и своих Джордано Бруно!

Несмотря на то что роль науки со времен Гарсиа до наших дней неизмеримо возросла, отголоски споров между физиками и лириками можно слышать еще и сегодня. Прогрессивный советский вокальный педагог М.Л.Львов пишет: «Среди певцов до сих пор не изжита мысль, что наука несовместима с искусством и что наука отнимает у искусства фактор вдохновения. Откуда взялось это опасение, что вдохновение художника может улетучиться от прикосновения к нему науки?» (1964, стр. 11).

В чем же причины трудностей примирения искусства с наукой? Основная причина заключается в известной противоположности методов искусства и науки, так ярко обрисованной А. С. Пушкиным в образах Моцарта и Сальери. Если язык искусства — это язык эмоций, ярких образных сравнений и ассоциаций, то язык науки — это язык сухих фактов и точных цифр. Поэтому для подавляющего большинства вокальных педагогов (как правило, в прошлом певцов) более свойственно в своей работе опираться на прошлый сценический опыт, более или менее богатую интуицию, художественный вкус и безграничную фантазию. Ими создано бесконечное количество советов и рекомендаций певцам в форме ярких образных сравнений, метафор, ассоциаций, крылатых афоризмов а даже парадоксов. Огромное, поражающее разнообразие вокальных терминов адресовано главным образом к эмоциональной сфере человека, Вы часто можете услышать, что звук должен «сочиться из глаз», «упираться в зубы», «стоять на диафрагме» и даже «висеть па кончике носа». Если не хотите форсировать (т. е. чрезмерно усиливать) дыхание (а это всегда большое зло) — ■ «пейте звук» (!), «продолжайте вдох во время пения ноты», а прежде чем взять высокую ноту, «приготовьте в голове (!) большое пустое место». Голос должен быть «в маске», «в близкой» или «высокой позиции» и обязательно «на опоре». Чтобы достичь всего этого, Дейша-Сионицкая в своем руководстве для певцов «Пение в ощущениях» рекомендует «сделать во рту из твердого нёба под носом ложку» (!) и «на эту ложку сверху (!) петь» (1926, стр. 15—16). А чтобы советы не забывались, они нередко запечатлеваются даже в стихотворной форме.

Прежде всего, что приходит в голову при первом знакомстве со всеми этими рекомендациями — это немедленно отнести их в разряд методов профессора Леопарди,⁶ чего некоторые из них, кстати говоря, вполне заслуживают. Не посчитать ли и все их антинаучными и не заменить ли все эти «опоры», «маски» и рекомендации «пить звук» строгими научными терминами? Однако не будем спешить с подобными выводами. Известно, что многие вокальные педагоги при помощи таких эмоционально-образных рекомендаций, или, как они их сами называют в шутку, «рыбьих слов», добивались и

Примечание [MN1]: 4.

Сравнительно недавно французским ученым Р. Юссоном (Husson, 1960, 1962) выдвинута принципиально новая, так называемая нейроронаксическая теория образования звука в голосовом аппарате человека. Вокруг этой новой теории разгораются споры, в которых принимают участие видные ученые всего мира. Мы вернемся к этому вопросу в других разделах книги.

Примечание [MN2]: 5.

«Фигуры Хладни» — своеобразные узоры, отражающие закономерности звуковых колебаний упругих пластинок.

Примечание [MN3]: 6.

Имеется в виду юмористический рассказ Л. И. Куприна «О том, как профессор Леопарди ставил мне голос». Куприн пишет: «Теперь попробуем свободный звук. Высушь ваш язык. Я, знаете, повинуюсь. Профессор тем же самым полотенцем обертывает мой язык и вытягивает его наружу, до соприкосновения с верхней пуговицей жилета. — Пой! Э-э-э, э... — Пою. Понимаете кашляю, давлось, но пою, пою... Он захватывает рукой, как тисками, мою нижнюю челюсть и начинает махать ею вверх и вниз, точно действуя насосом... Потом он велит мне лечь на пол и говорит: — Испытаем дыхание. Держи одну ногу! ... Он кладет мне на грудь книжку, поверх книг заваливает меня чемоданами, ящиками, подушками с дивана и сверху асего этого садится сам своею пероною». Хотя в конце рассказа выясняется, что профессор Леопарди вовсе не профессор пения, а учитель физкультуры, но это не помешало Куприну посмеяться над невежественными приемами обучения пению, которые были в свое время в ходу у некоторых «маэстро». 7 См., например: Кибернетика — антирелигия. «Наука и жизнь», 1964, № 7.

добиваются довольно неплохих результатов. Напротив, попытки усовершенствовать этот образный язык, заменив его точной научной терминологией, не раз оканчивались неудачей.

В чем же здесь дело? Неужели научные методы следует объявить ненужными в вокальном искусстве и признать единственно правильными традиционные эмпирические, подчас необъяснимые приемы обучения пению, нередко граничащие чуть ли не со знахарством?

Кстати, о знахарстве. Народная медицина давно знала действенные средства избавления от многих болезней. Однако многие из этих средств — настои из листьев, корней, цветов различных растений, а также и методы психического внушения в определенный период развития науки объявлялись знахарскими, шарлатанскими, одним словом — необъяснимыми с позиций науки, а потому вредными. Однако по мере развития науки, вскрывающей природу лечебного действия многообразных средств народной медицины, они один за другим постепенно «реабилитируются». И сегодня мы даже находим объяснение причин лечебного воздействия таких, казалось бы, бесспорно знахарских методов, как заговоры и чудесные исцеления от болезней, в основе которых лежат механизмы гипнотического внушения и самовнушения.⁷ Ученые все с большим упорством пытаются найти объяснения самым таинственным сторонам человеческой психики. Если же явление понято и объяснено, представляется возможность управлять им.

Не следует ли с этих позиций повнимательнее присмотреться и к методам обучения искусству пения, отражающим многовековой опыт человека. Может быть, в свете того, что мы сейчас знаем из физиологии, акустики и психологии, многие из них будут признаны необоснованными, но зато другие найдут свое оправдание и получают право на дальнейшее применение и развитие.

Вполне естественно, что эта сложная задача научного обоснования вокального искусства таит в себе немало подводных камней для исследователей и может быть решена только в союзе искусства с наукой.

В последнее время такой союз все более укрепляется. В январе 1966 г. в Москве состоялась Всесоюзная вокальная конференция, на которой по приглашению Министерства культуры СССР с докладами выступили представители не только вокального искусства, но и науки: физиологи, акустики, лингвисты, врачи-фонологи, психологи. Современные вокальные педагоги проявляют живой интерес к разъяснению тайн вокального мастерства в свете науки (Дмитриев, 1962; Бахуташвили, 1963; Киселева, 1963; Петрова, 1963; Зданович, 1965). Большая заслуга в научном обосновании вокального искусства принадлежит Лаборатории музыкальной акустики Московской консерватории, по примеру которой были созданы Лаборатория физиологической акустики при Ленинградской консерватории (1960 г.) и Научно-методическая лаборатория при Музыкально-педагогическом институте им. Гне-синых (в 1963 г.). Конференция вынесла решение об организации подобных лабораторий и при других музыкальных вузах. Таким образом, несмотря на трудности, союз «физиков» и «лириков» укрепляется.

Измерение таланта

Каждое искусство складывается из двух частей: технико-механической и эстетической. Тот, кто недостаточно подготовлен для преодоления трудностей первого рода, никогда не будет в состоянии достигнуть совершенства во втором, будь он хоть гений.

М. Маркези.

Измерение таланта. Но разве можно измерить талант? Ведь это же нечто своеобразное, удивительное, непостижимое и, конечно же, неизмеримое! Возьмем, например, талант Шаляпина. Или хотя бы Якова Турка. Как же его измерить? Да и нужно ли, вообще говоря, измерять талант?

Ответим сразу же на второй вопрос: нужно, и более того, талант, оказывается, уже давно измеряется! Происходит это, например, на конкурсах певцов, музыкантов, чтецов и каких угодно других исполнителей, где талант каждого из них обязательно измеряется, тщательно «взвешивается» на специальных «весах», которые называются жюри. Однако далеко не всегда удается дать достаточно точную и объективную оценку таланта. Не так-то просто определить, кто достоин звания первого лауреата конкурса, кто па втором месте и т. д. Щекотливое это дело — правильно измерить талант!

Но измерение таланта происходит не только на конкурсах, но и при приеме в консерваторию, и во время экзаменов на каждом курсе, и при получении диплома, и при поступлении в театр на работу, да что там говорить — на каждом публичном выступлении певца или артиста. Всю жизнь их талант измеряют, оценивают, судят (и часто очень строго!) сотни, тысячи пристрастных и беспристрастных судей—зрителей и слушателей. Как видно, и существует-то талант для этого самого измерения, а не для чего-либо другого.

Но талант не только измеряют и оценивают, но еще и воспитывают. И вот здесь, во втором случае, обойтись без измерения тоже никак нельзя. Чтобы воспитывать талант, нужно знать, из чего он складывается, из каких составных частей, и как эти части изменяются и развиваются. Одним словом, и здесь нужно измерять.

Вот теперь, когда мы убедились, что измерение таланта — дело совершенно необходимое, и не только у певцов, но и вообще в любом творчестве - у поэтов, писателей и даже ученых, можно задуматься и над тем, как же это измерение производить. «Весы», на которых обычно «взвешивается» талант (мы о них уже упоминали — это жюри или экзаменационная комиссия), хотя и состоят из весьма знающих специалистов, все же оценивают талант довольно приблизительно; они ставят соответственно пять оценок по самой обычной пятибалльной системе. Таким образом, в лучшем случае вы можете получить «пять с плюсом» и это все, что могут сказать весы-жюри о вашем таланте. Не очень-то много, Но главное — как-то не особенно убедительно: а вдруг у вас таланта все же больше, чем на пять с плюсом? Нельзя ли придумать поэтому для измерения таланта какие-то другие, более точные и объективные способы? Подобрать, однако, такие методы оказывается делом очень нелегким.

Попытки изучить законы прекрасного предпринимались людьми очень давно. Так, еще Аристотель считал, что причиной красоты талантливо выполненной скульптуры является наличие в ней 5-образных линий, похожих по форме на изгибы вечно живого пламени и наилучшим образом выражающих движение скульптуры, что и является ее наибольшим достоинством. Английский художник XVIII в. В. Хогарт в своей книге «Анализ красоты» доказывает, что прекрасное складывается из очень многих элементов, т. е. имеет сложную природу. Он перечисляет также целый ряд технических приемов, обеспечивающих успех творчества художника.

Известная певица и вокальный педагог М. Маркези произвела деление искусства на две части: эстетическую и техническую. Это деление, конечно, условное, но довольно часто употребляемое в тех случаях, когда возникает необходимость как-то оценить или измерить талант исполнителя. Такой метод, в частности, применяется в художественной гимнастике и фигурном катании на коньках: судейская коллегия ставит обычно две оценки — за техническое исполнение и за художественное мастерство.

Нередко в вокальной педагогике идут споры о том, что важнее для певца: вокально-техническое мастерство или художественное исполнение. Вряд ли, однако, такая постановка вопроса правильна: ведь художественное исполнение не есть нечто независимое от технического мастерства. Разве можно назвать совершенным в эстетическом отношении исполнение певца, у которого не звучат верхние ноты или неразборчива дикция, т. е. имеются «технические неполадки»? Вопрос о роли техники и эстетики в

вокальном искусстве вполне аналогичен вопросу о роли формы и содержания, который давно уже решен в марксистско-ленинской диалектике (см. главу «Содержание и форма в искусстве» в кн.: Основы марксистско-ленинской эстетики, 1960).

Таким образом, талант — понятие сложное, и, чтобы его оценить и тем более понять, необходимо подойти к нему аналитически, т. е. как бы разложить его на составные элементы. Пользуясь методом анализа, И. П. Павлов достиг выдающихся успехов в изучении такого исключительно сложного явления, как высшая нервная деятельность, т. е. психика животных и человека. И. П. Павлов, однако, предупреждал, что для окончательного понимания сложного явления необходимо исследовать его в целостности, во взаимодействии всех его составных элементов, т. е. как бы «в собранном виде». Но перед этим И. П. Павлов рекомендовал изучить каждую из составных частей этого сложного явления в отдельности, произвести анализ, чтобы потом уже перейти к синтезу, т. е. к исследованию явления в целом.

С этой точки зрения можно попытаться рассмотреть, из чего складывается такое сложное явление, как талант певца.

Прежде всего — это, конечно, голос, его тембр, его красота. Но, кроме этого, певческий талант немислим без музыкальности, без сценического обаяния, артистического мастерства и многого другого, что необходимо артисту. Именно по этим категориям оценивается, как правило, талант певца на конкурсах, экзаменах и на сцене. Кроме этого, развитию таланта могут способствовать или препятствовать некоторые из наиболее общих психо-физиологических особенностей человека: память, впечатлительность, эмоциональность, темперамент и т. п.

Самая важная составная часть таланта певца — голос — и сам по себе сложное явление. Голос в пении ведет мелодию, меняет свою высоту — значит, характеризуется высотой. Он может быть громче и тише — значит, имеет другое свойство — силу. Голос каждого человека отличается особым, присущим только ему качеством — тем-бром, или, как иногда говорят, «окраской» звука. Все выдающиеся певцы имели и имеют свой неповторимый и, как правило, очень красивый тембр голоса.

Голос в пении говорит, рассказывает, ведет свою вокальную речь. Насколько эта речь разборчива, т. е. понятна для слушателя, очень важно. Внятность вокальной речи называют дикцией.

Наконец, певческий голос имеет еще одно важное свойство, заимствованное им у музыкальных инструментов — это так называемое вибрато, представляющее собой сложную форму модуляции звуковой энергии. Свойство это очень мало изучено, а между тем несет для голоса большую службу.

Итак, мы перечислили пять важнейших особенностей вокальной речи — это сила, высота, тембр, дикция, вибрато. В дальнейшем мы увидим, что каждое из этих свойств изменяется в определенных пределах и изменения эти могут нам многое рассказать о мастерстве певца. Поэтому мы попытаемся оценить эти свойства голоса возможно точнее. В решении этой задачи нам поможет современная, точная акустическая и физиологическая аппаратура. Так, например, сила голоса измеряется в специальных акустических единицах — децибелах, высота — в долях октавы или герцах, для измерения вибрато служат и децибелы и герцы, дикцию мы недавно научились измерять в процентах и даже тембр, великолепный тембр голоса Шаляпина и какого угодно другого певца можно тоже измерить и выразить числом!

Мы познакомимся не только с акустическими свойствами певческого голоса и методами его измерения, но также и с тем, как певческий звук образуется в голосовом аппарате человека, какова технология его изготовления и какие методы применяются для этих исследований.

«Захват" речи

Когда речь заходит о союзе искусства с наукой, то почему-то всегда подразумевается, что смысл этого союза заключается только в том, насколько наука может помочь искусству. Этот критерий, как правило, и кладется в основу целесообразности творческого содружества физиков и лириков.

Такое одностороннее, узко утилитарное понимание роли науки в искусстве не только несправедливо, но по существу и неверно. Несправедливо потому, что наука тоже хочет что-то получить от союза с искусством, а неверно потому, что она не может дать никаких рецептов искусства без серьезного изучения проблемы и решения каких-то своих собственных исследовательских задач.

К сожалению, это обстоятельство часто не учитывается и науке предъявляются требования, которые она либо не в состоянии выполнить при данных условиях, либо мало заинтересована в их выполнении.

Если заглянуть в какой-нибудь старый учебник физиологии, то можно обнаружить, что раздел о звуковой речи занимает всего лишь несколько строчек где-нибудь в конце книги. В последние годы положение резко изменилось: о механизмах образования и восприятия речи пишут целые тома научных исследований и собираются специальные международные конференции. Чем вызвано такое внимание ученых к речевой функции?

Это объясняется, в частности, бурным развитием средств связи, теории информации (а речь есть средство передачи информации), кибернетики (науки о регулировании процессов в живой и неживой природе) и, наконец, бионики (науки о применении принципов живой природы в технике). Потребность создания автоматов, регулируемых звуками человеческой речи, автоматов, «понимающих» речь, а также «говорящих» машин заставляет ученых глубже исследовать природу звуков голоса человека и их восприятия. Наступление на речевую проблему ведется соединенными силами физиков, физиологов, инженеров связи, акустиков, лингвистов, психологов и даже математиков. Проблема эта в кругах специалистов именуется «захватом речи» (Мясников, 1963б).

Чудо нашего века — электронные счетные и кибернетические машины, переводящие с иностранных языков и на иностранные языки, играющие в шахматы и выполняющие за человека многие другие сложные функции его мозга, к большому сожалению специалистов, по сей день, оказывается, еще не научились как следует «понимать» обыкновенную человеческую речь. Чтобы дать такой машине задание, человек вынужден прибегать к помощи переводчика, который переведет его мысль на машинный язык — программную ленту с особыми условными, понятными только этой машине знаками (кодом). А как было бы хорошо, если бы машина все делала непосредственно со слов человека! Прежде всего отпала бы необходимость в очень напряженном и сложном труде стенографисток и многочисленных машинисток: их функции могли бы с успехом выполнить автоматы, «понимающие» речь человека.

Над созданием подобных машин трудятся целые коллективы ученых в самых различных странах мира. Предлагаются гипотезы, теории и методы «обучения» машин пониманию звуковой речи. Однако многие трудности еще не преодолены: если машина научается довольно сносно различать гласные, то делает еще много ошибок в согласных, если ее удастся «научить» удовлетворительно распознавать несколько десятков слов одного какого-либо человека (чаще всего ее конструктора), то она упорно отказывается понимать речь других людей. Очень трудно машину научить знакам препинания, разделять слова промежутками и целому ряду премудростей, которые наши дети без особого труда постигают в первых классах начальной школы.

Основная причина трудностей обучения машины распознаванию речи состоит в том, что мы еще не во всех деталях знаем процессы образования и восприятия речи человеком. С этой точки зрения любые новые сведения об этих механизмах могут оказаться полезными для решения проблемы «захвата речи».

Удивительно, что человек при создании машин, сам того не замечая, часто копирует природу, т. е. создает эти машины и аппараты по принципу, уже предложенному самой природой и «запатентованному» в ее замечательных живых механизмах и их органах. Так, создав экскаватор, человек скопировал свою руку, сконструировав фотоаппарат, повторил, в сущности, конструкцию глаза, создав эхолокацию, убедился, что летучие мыши и дельфины уже давно ею пользуются. Даже ракета — сов-всем недавнее достижение человеческой мысли, позволяющее проникнуть в космос, построена, в сущности, по принципу двигательного аппарата кальмаров и каракатиц!

Правда, человек идет и своим путем. Например, автомобиль он создал не по принципу «хождения», а по принципу «качения», крыло самолета сделал неподвижным, не в пример машущим крыльям птиц. Однако человек часто убеждается, что «патенты природы» оказываются куда более совершенными, чем созданные им. Так, сегодня ученые пришли к выводу, что принцип машущего полета оказывается все же наиболее

экономичным при конструировании летающих аппаратов, а принцип «хождения» незаменим при преодолении препятствий и т. д.

Многовековой опыт убедил людей, что природа очень мудра, что, прежде чем самому выдумывать, небесполезно заглянуть в книгу природы — не запатентовала ли она там уже подобное изобретение. К сожалению, люди начали понимать это совсем недавно: четыре года назад появилась особая наука — бионика (Бионика, 1965) по выявлению «патентов природы» и применению их в технике и самой науке, Много таких патентов скрывает в себе и физиология образования и восприятия речи.

Звуковая речь человека в процессе эволюции формируется для слуха и под непосредственным контролем слуха. Это приводит к тому, что многие акустические свойства звуковой речи (громкость, тембр и др.) оказываются как бы продиктованными свойствами слуха, несут на себе отпечаток свойств слуха. Речь и слух оказываются очень тесно согласованными функциями: это, в сущности, две части одной и той же системы звуковой коммуникации человека.

Вполне понятно поэтому, что невозможно понять всех законов речи, не изучая законы слуха: они зависят друг от друга, объясняют и дополняют друг друга. В этом можно хорошо убедиться, изучая, в частности, особенности образования и восприятия вокальной речи.

Таким образом, изучение закономерностей вокальной речи важно не только для искусства, но и для самой науки, и в частности для бионики и эволюционной физиологии. Недаром поэтому наши выдающиеся отечественные физиологи И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Л. А. Орбели не раз обращались к анализу творчества певцов и музыкантов для иллюстрации законов общей физиологии.

РАССКАЗЫ О СИЛЕ ГОЛОСА

Голос мой выросал до гигантской звучности и разливался так широко и громоподобно, что покрывал оркестр и все другие голоса.

Титта Руффо.

«Громобой» и микрофон

Рассказывают, что, взяв как-то высокую ноту, Карузо разбил вневсую рядом люстру. Я думаю, что это один из многих анекдотов, сочинявшихся о Карузо,

В. Торторелли.

Одним из существенных отличий вокальной речи от обычной разговорной является ее значительно большая мощность и громкость. Это отличие вполне понятно и оправдано: ведь если обычная разговорная речь слушается, как правило, на небольшом расстоянии и не требует специального усиления голоса, то вокальная речь ведется со сцены, в большом зале, где все должны ее слышать, даже если голос певца звучит вместе с оркестром или хором.

В истории имеются упоминания о певцах, обладавших поистине феноменальной силой голоса. Об одном из таких легендарных певцов рассказал Л. Кассиль в рассказе «Громобой». Когда однажды у парохода испортился гудок, Леонтий Архипкин (так звали певца) с успехом его заменил, прогудев по просьбе капитана своим голосом и возвестив пристань о приближении парохода. За свой исключительно сильный и красивый бас певец этот — волжский богатырь — получил прозвище «Громобой».

Н. А. Некрасов в поэме «Кому на Руси жить хорошо» говорит о певце Ново-Архангельском, который утром в порядке «пробы голоса» с успехом переключался с дьячком из соседнего села, расположенного за несколько верст. А еще говорят, что купцы, в старину любили тешиться тем, как певцы — удалые молодцы, состязаясь в силе голоса, разбивали голосом стаканы. Говорят, что этой способностью обладал и Шаляпин, . . . Вторя этим впечатляющим легендам, создатели фильма «Великий Карузо» решили поразить воображение зрителей качающейся люстрой, якобы пришедшей в движение от невероятной силы голоса певца. Здесь авторы явно, что называется, пересолили.

Огромное впечатление на К. С. Станиславского произвела сила голоса известного тенора Ф. Таманьо. Вот как он описывает этот эпизод в своей книге «Моя жизнь в искусстве» (1948): «Таманьо вышел в костюме Отелло, со своей огромной фигурой могучего сложения и сразу оглушил всеокрушающей нотой. Толпа инстинктивно, как один человек, откинулась назад, словно защищаясь от контузии. Вторая нота — еще сильней, третья, четвертая — еще и еще, и когда, точно огонь из кратера, на слове „масульма-а-а-ие“ вылетела последняя нота, публика на несколько минут потеряла сознание. Мы все вскочили. Знакомые искали друг друга, незнакомые обращались к незнакомым с одним и тем же вопросом: „Вы слышали? Что это такое?“. Оркестр остановился, на сцене смущение. Но вдруг, опомнившись, толпа ринулась к сцене и заревела от восторга, требуя „биса“» (стр. 29).

Любопытную деталь о колоссальной силе голоса того же самого Таманьо приводит И. Андроников (1962). Когда Таманьо пел в Большом театре, то московские студенты умудрялись слушать его даром — с Петровки, так как «...у этого молодчаги был такой голосина, что ему приходилось перед спектаклем шнуровать на голом теле специальный корсет, чтобы не вздохнуть полной грудью. Как вы знаете, на улице никогда не слышно ни оркестра, ни хора . . . но голос Таманьо проникал сквозь слуховые окна па чердаке» (стр. 495).

Подобные рассказы можно было бы продолжить, пополнив их впечатлениями о современных наших оперных певцах, многие из которых обладают весьма сильными голосами (Н. Гяуров, Т. Куузик, И. Петров и др.).

С развитием техники в театрах все чаще и чаще стали применяться электроакустические средства усиления голоса ораторов и артистов. Не замедлили воспользоваться микрофоном и многие певцы.

Появление микрофона на сцене, бесспорно полезного и нужного при передаче речи, по мнению некоторых ценителей вокального искусства, имеет и свои отрицательные стороны. Во-первых, электроакустическая система, как бы хорошо она ни была устроена, всегда искажает естественность звучания музыки и голоса. Звук, несущийся к вам не от живого певца со сцены, хотя вы и видите его своими глазами, а откуда-то сбоку из репродуктора, скрытого за портьерами, вносит неприменный отпечаток чего-то машинного,

искусственного, неполноценного. Современный итальянский певец и вокальный педагог Лаури-Вольпи считает, что репродуктор в театре создает «малокровные, безжизненные голоса; живой человеческий голос снабжается ортопедическими приспособлениями или ходулями, чтобы шагать по эфирным волнам» (Назаренко, 1963, стр. 149).

Во-вторых, появление микрофона на сцене породило новое увлечение, которое можно было бы назвать «пением без голоса», или «шептанием в микрофон». На сцене появляются «певцы», которые раньше, подобно горьковскому Цыганку, могли бы только восклицать: «Эх, голос бы мне! Вот бы пел я тогда!».

Нет, конечно, ничего плохого в том, что микрофон «помогает» некоторым певцам с недостаточными вокальными данными. Стоит только сожалеть, что «шептанием в микрофон» начинают увлекаться многие певцы, которые бесспорно могли бы развить свой голос и сделать его способным сильно и красиво звучать в любом помещении без всяких ортопедических приспособлений. Есть, однако, еще и сегодня певцы, которые предоставление им микрофона на сцене считают личным оскорблением.

Итак, о силе голоса певцов рассказываются удивительные истории.. Оставим, однако, на совести авторов рассказы о разбитых стаканах и качающихся люстрах и попробуем обратиться к более точным фактам и цифрам, т. е. попробуем измерить силу голоса.

Звуковые весы

Звук голоса человека, как известно, представляет собой одну из форм энергии. Энергия эта, порождаемая голосовым аппаратом певца, заставляет периодически колебаться молекулы воздуха с определенной частотой и силой: чем чаще колеблются молекулы — тем звук выше, а чем амплитуда их колебаний больше — тем звук сильнее. Звуковые колебания в воздухе распространяются, как волны на поверхности воды, только во много раз быстрее: со скоростью 340 м в секунду. Достигнув нашего уха, они заставляют колебаться барабанную перепонку, а та передает эти колебания через среднее ухо в так называемый кортиеv орган во внутреннем ухе, где звуковая энергия превращается из одной формы (механические колебания) в другую (биоэлектрические потенциалы слухового нерва). Добравшись до высших нервных центров головного мозга, биопотенциалы слухового нерва, порожденные звуком, трансформируются в нашем сознании в ощущение всех основных физических особенностей звука: его силы, высоты, тембра, продолжительности и т. д.

Энергия голоса может приводить в колебание не только воздух и чуткую барабанную перепонку, но и более твердые предметы. Благодаря этому свойству оказалось возможным записать голос на пластинку.

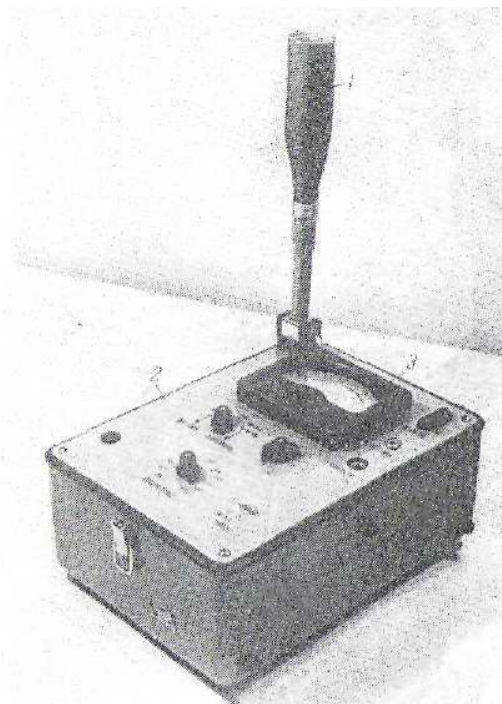
Редкая фотография изображает Шаляпина в студии механической звукозаписи. Шаляпин поет в рупор, который колеблется от звука голоса певца. С рупором жестко связана игла, которая и вычерчивает на движущейся восковой ленте извилистую звуковую дорожку. Не рука искусного гравера рисует затейливые узоры звука, «рисует» их сам голос! Голос обладает энергией, голос работает.



Рис. 1. Запись голоса Ф. И. Шаляпина на граммофонную пластинку (фотография 1913 г.).

Когда-то в такой рупор говорил великий трибун и вождь революции В. И. Ленин. Звуковые дорожки хранят следы энергии его голоса. «Слышал» также звукозаписывающий рупор и голоса многих выдающихся деятелей науки и искусства.

Одним из первых, кто измерил энергию певческого голоса, был русский ученый В. Д. Зернов. В 1909 г. он создал специальный прибор — фонометр, применив для этой цели так называемый диск Рэлея.

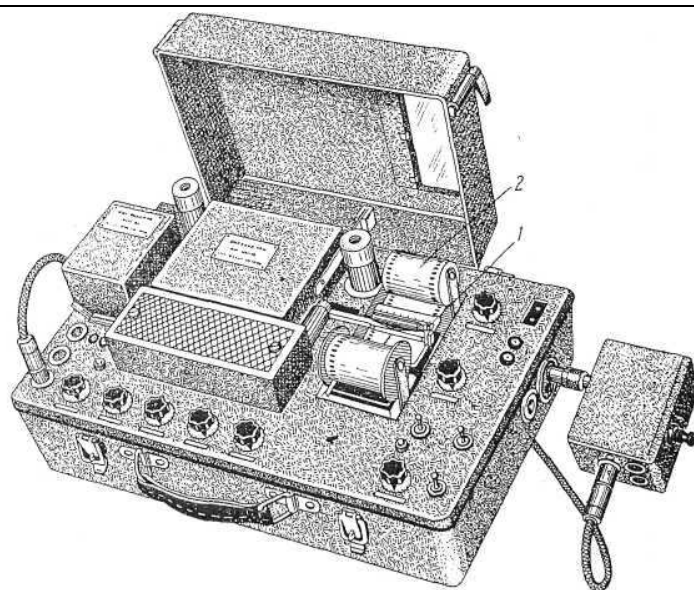


*Рис. 2. Шумомер типа Ш-63 конструкции Ленинградского института радиовещательного приема и акустики им. А. А. Попова.
Объяснение в тексте*

Диск Рэлея — это маленькая круглая и легкая пластинка, которая под действием энергии звуковых волн стремится обязательно повернуться так, чтобы ее плоскость была параллельна плоскости звуковой волны. Чем сильнее звук, тем сильнее поворачивается диск. Если этот диск подвесить на ниточке и измерить силу кручения ни точки под действием звука, то мы и измерим силу звука. Так и поступил В. Д. Зернов. Энергию звука он выражал в эргах на кубический см (эрг/см³). В своей работе он приводит данные о силе голоса известных оперных певцов, или, как автор их называет, ученых певцов, в том числе и Ф. И. Шаляпина.

Для измерения звука в настоящее время применяются специальные переносные портативные приборы - шумомеры (рис. 2), состоящие из микрофона (1), усилителя на лампах или транзисторах (2) и стрелочного указателя (3), по шкале которого и отсчитывается уровень звуковой энергии непосредственно в общепринятых единицах ее измерения. Чтобы измерить звук при помощи такого шумомера, достаточно взглянуть на его шкалу со стрелкой.

Тем не менее измерять силу голоса певцов при помощи шумомера не всегда удобно, особенно если певец поет ноты в быстром темпе. В этом случае трудно уследить за стрелкой шумомера и записать число единиц. Поэтому шумомеры чаще всего употребляются для измерения сравнительно медленно меняющихся по силе звуков, например производственных шумов, чистых тонов и т. д. Для измерения же быстро меняющихся звуков, таких, как речь или пение, применяются более сложные автоматические записывающие приборы. Один из таких приборов — самописец уровня электрических колебаний типа Н-110 отечественного производства — изображен на рис. 3. В сущности, это тот же шумомер, только стрелка его снабжена пишущим пером (1), непрерывно регистрирующим на движущейся бумажной ленте (2) изменяющийся во времени уровень звуковой энергии (бумага самописца заранее проградуирована и разграфлена через равное число единиц).



*Рис. 3. Самописец уровня электрических колебаний типа Н-110, отечественного производства.
Объяснение в тексте.*

Сколько в голосе калорий?

В каких же единицах звуковые веса «взвешивают» звук?

Поскольку звук — это энергия, то для его измерения в принципе пригодны все единицы, служащие для учета любых других видов энергии. По рекомендации Международной системы единиц, принятой и в Советском Союзе, в качестве единицы учета звуковой энергии применяется плотность звуковой энергии, выражаемая в джоулях на кубический метр (дж/м³). За 1 сек. звук может совершить большую или меньшую работу (например, сильно или слабо сотрясая барабанную перепонку нашего уха или мембрану микрофона). Поэтому звук или источник этого звука могут характеризоваться большей или меньшей мощностью, измеряемой в ваттах (вт). Интенсивность же звука в определенном месте звукового поля измеряют мощностью на единицу площади, т. е. в ваттах на квадратный метр (вт/м²) или в миллион раз более мелких величинах — микроваттах на квадратный метр (мквт/м²).

Мощность обычного разговорного голоса колеблется в среднем около 10 мквт. Наиболее слабые звуки речи имеют мощность 0.01 мквт, а при очень тихом шепоте — еще меньше. При усилении голоса мощность звука может возрасти до сотен мквт, а у певцов доходит даже до сотен тысяч мквт. Несмотря на это, можно подсчитать, что если даже все певцы Большого театра будут петь хором в течение нескольких часов, то энергии их голосов едва ли хватит для того, чтобы нагреть на несколько градусов стакан чая. Как видно, калорий в звуке голоса не так уж и много.

Не следует, однако, думать, что энергия звука не может быть большой. Сейчас в технике созданы установки для получения сверхмощных звуков. Стакан чая под действием такого звука вскипает почти мгновенно, спички воспламеняются, и даже трубка с табаком начинает немедленно дымить! Такие «сверхзвуки» способны производить огромную работу: они свободно поднимают в воздух миллиардные шары, разрушают многие твердые материалы и даже дробят камень! (Мясников, 1963а). Разбить стакан таким звуком, как видно, ничего не стоит!

Подобным могучим голосом обладают сверхмощные звуковые сирены, а также сверхсильные современные ракетные двигатели. Как сообщалось на состоявшемся в 1959 г. Международном акустическом конгрессе (Андреев, 1963), турбореактивный снаряд с подъемной силой 2.5 тонны обладает «голосом» в 5000 вт. Разумеется, такой звук нельзя не только слушать, но от его воздействия нужно защищать даже тело, что и является одной из важных проблем космической охраны труда. Не правда ли, что даже самый сильный человеческий голос на фоне этих чудовищных звуков выглядит как слабый комариный писк? Невольно приходит на ум сравнение этих сверхмощных источников звука с иерихонской трубой, от силы звука которой, по преданию, упали стены древнего города Иерихона.

Действуя на барабанную перепонку или на любую другую поверхность, звук производит на нее давление. Правда, давление это не постоянное, а переменное, поэтому и учитывают его в так называемом эффективном значении, подобно тому как в электротехнике измеряют эффективное значение силы тока или напряжения переменного тока. Эффективное звуковое давление измеряют в ньютонах на квадратный метр (н/м²). Эта единица давления в 98066.5 раза меньше технической атмосферы (1 кг/см²) и составляет приблизительно одну десятую часть давления 1 мм водяного столба.

Таким образом, чем сильнее голос, тем большее звуковое давление он производит. Однако мы не услышим в акустике выражений вроде «звуковое давление вашего голоса — столько-то атмосфер», или «столько-то миллиметров водяного столба», так как акустики для характеристики уровня звукового давления пользуются совершенно особыми единицами. Имя этой единицы — децибел. «Звуковые веса», изображенные на рис. 2 и 3, измеряют звук именно в децибелах. Что же это за единица?

Примечание [MN1]: 1 ньютон — единица силы, 1 ньютон численно равен такой силе, которая сообщает массе в 1 кг ускорение в 1 м/сек. В переводе на вес ньютон приблизительно соответствует весу гири в 102 г.

Децибелы — это удобно

Диапазон силы звуков, воспринимаемых нашим ухом, очень велик. Так, едва уловимые звуки, которые еще способно расслышать самое острое ухо, имеют интенсивность в миллионные доли мквт/м². Это так называемый минимальный порог слухового ощущения (табл. 1). Если бы наше ухо было способно слышать более слабые звуки, то это было бы для нас большим несчастьем: мы постоянно слышали бы в ушах шум броуновского движения молекул воздуха. Но наше ухо способно слышать и очень сильные звуки, превосходящие минимальный порог интенсивности более чем в 100 000 000 000 000 раз. Ни один прибор в технике не обладает таким громадным диапазоном изменения чувствительности.

Т а б л и ц а 1
Диапазон интенсивности
звуков при измерении разными единицами

| Интенсивность звука, мквт/м ² | Звуковое давление, н/м ² | Уровень звукового давления, дБ | Во сколько раз данное звуковое давление превышает нулевой уровень | Примеры источников звука (при измерении на расстоянии 1 м) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|---|---|
| 10000000000 | 2000 | 160 | 1000000000 | Шум сверхмощных ракетных двигателей и сирен. Разрушительная сила звука. |
| 100000000 | 200 | 140 | 100000000 | Шум реактивного самолета. Болевой порог слухового ощущения. |
| 1000000 | 20 | 120 | 1000000 | Максимальная сила звука у певцов с головами исключительно большой силы. |
| 10000 | 2 | 100 | 100000 | Обычная сила голоса певцов forte. |
| 100 | 0.2 | 80 | 10000 | Громкая речь. Тихое пение. |
| 1 | 0.02 | 60 | 1000 | Речь вполголоса |
| 0.01 | 0.002 | 40 | 100 | Шепот. |
| 0.0001 | 0.0002 | 20 | 10 | Тиканье ручных |
| 0.000001 | 0.00002 | 0 | 1 | Немного тише порога слышимости самого острого слуха. |

Примечание. *Звуковое давление в н/м² первой значащей цифры.*

Это удивительно полезное свойство нашего уха обеспечивается, как выяснили физиологи, явлениями адаптации слуха, т. е. его приспособлением к восприятию звуков различной силы. Адаптация слуха проявляется в том, что слух как бы автоматически меняет свою чувствительность в зависимости от того, какой громкости звуки ему предстоит слушать. Адаптация — это сложное физиологическое явление, проявляющееся при участии высших отделов нервной системы (Гершуни, 1949).

Подобным свойством адаптации обладает не только слух, но и все другие наши органы чувств. Например, всем хорошо известно, что, войдя с освещенной солнцем улицы в темную комнату, мы сначала ничего не видим, но через некоторое время, как говорят, присмотревшись, начинаем хорошо видеть все предмету. Это и есть адаптация к темноте. Выйдя на солнце, мы снова плохо видим, даже щуримся, но через некоторое время глаз

приспосабливается, т. е. адаптируется и к сильному свету. Подобная адаптация происходит и со слухом при действии на него сильных и слабых звуков. Опытные певцы и музыканты прекрасно используют это свойство слуха в своих целях: если они хотя бы произведи большое впечатление силой голоса или звуком музыкальных инструментов, то самую громкую и сильную ноту они берут обязательно после ряда предшествовавших слабых, тихих звуков. Опытные же композиторы, учитывая эту же особенность слуха к адаптации, нередко применяют в музыке метод звукового контраста, всегда производящий сильное впечатление на слушателей. Так, например, построен «Марш Черномора» М. И. Глинки и многие другие произведения.

Огромный диапазон интенсивностей существующих звуков и заставил ученых применить для их измерения относительные логарифмические единицы — децибелы.

Очень слабые звуки, которые не может слышать даже самое острое ухо, акустики решили принять за нуль звука, т. е. за нуль децибел. По общему соглашению, за такой нулевой уровень звука условно был принят звук интенсивностью 10^{-6} мквт/м², производящий давление в 0.0000204 ньютона на 1 м². Все же остальные, более сильные звуки стали уже характеризоваться тем, во сколько раз они превышают этот условный нулевой уровень (табл. 1). Чтобы, однако, сократить число единиц измерения, а также по некоторым другим практическим соображениям (в частности, вытекающим из закона изменения чувствительности самого слуха), решили для измерения интенсивности звука пользоваться не самим отношением интенсивности данного звука к условному нулевому уровню, а десятичным логарифмом этого отношения, т. е. $Ig W_x/W_0$, где W_0 — интенсивность звука условного нулевого уровня (10^{-6} мквт/м²); W_x — интенсивность измеряемого звука. За единицу измерения интенсивности при подобном методе отсчета было принято такое изменение звука по отношению к условному нулю, при котором $Ig W_x/W_0 = 1$. Эта относительная логарифмическая единица была названа белом в честь изобретателя телефона Грахема Бела. Однако бел слишком крупная единица: как легко видеть, 1 бел соответствует изменению интенсивности звука в 10 раз, 2 бела — в 100 раз, 3 бела — в 1000 раз и т. д. Поэтому было решено ввести в употребление в 10 раз более мелкую единицу — децибел, определяемую

по формуле: $1/10$ бела = 1 дб = $10 Ig W_x/W_0$. Учитывая, однако, что интенсивность звука (W_x) прямо пропорциональна квадрату звукового давления (P_x), т. е. $W_x = kP_x^2$, где k — постоянная величина, окончательную формулу для измерения звука в децибелах представляем так:

$$Xдб = 20 Ig P_x/P_0,$$

где $Xдб$ — уровень звукового давления в децибелах, P_x — измеряемое звуковое давление в н/м², P_0 — условный нулевой уровень звукового давления, равный 0.0000204 н/м². Исходя из этой формулы, за 1 децибел принимается такой уровень звукового давления, двадцать десятичных логарифмов отношения которого к условному нулевому уровню равно единице. Если же оценивать децибел на слух, то это едва-едва различимая градация силы звука. Разница в силе звука на 3 дб уже вполне четко отмечается слухом, а увеличение на 10 дб воспринимается примерно как

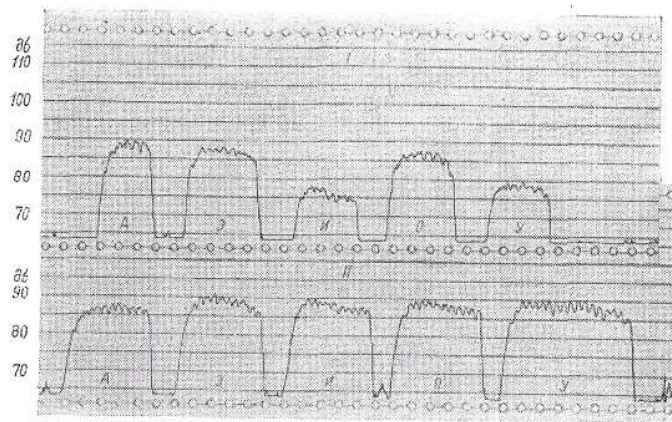


Рис. 4.

Примеры регистрации уровня силы голоса на различных гласных при помощи самописца Н-110.

I — неодинаковые по силе гласные неопытного певца;
II — ровные вокальные гласные квалифицированного певца.

удвоение громкости звука. Уровень среднего разговорного голоса

равен примерно 70 дБ (табл. 1). Как видно из этой же формулы, децибелы не имеют размерности, т. е. они, как и все относительные единицы, показывают, не сколько, а во сколько раз. Так, например, если мы в просторечии говорим «звук силой 80 дБ», то это значит: «звук, производящий такое давление, двадцать десятичных логарифмов отношения которого к условному нулевому давлению равно 80».

Соотношения децибел с единицами звукового давления и интенсивности звука показаны в табл. 1. Здесь же приведены примеры источников звука соответствующих уровней (при измерении на расстоянии 1 м).

Как видно из таблицы, для измерения всего огромного по силе диапазона звуков, с которыми человеку приходится иметь дело, децибелы наиболее удобны уже хотя бы потому, что при их применении для обозначения интенсивности звука требуется наименьшее количество цифр.

А это уже немалое преимущество, особенно при необходимости быстрой записи при акустических измерениях, производстве всевозможных расчетов и т. д. Кроме того, оказалось, что наш слух измеряет громкость звука по шкале, в известной мере сходной со шкалой децибел, подчиняясь так называемому психофизиологическому закону Вебера—Фехнера. Все эти соображения и делают шкалу децибел весьма удобной для применения.

Измерения показали, что уровень силы голоса большинства профессиональных певцов колеблется в пределах 90—110 дБ. «Микрофонные» певцы имеют силу звука всего 80—90 дБ, но зато некоторые сверхмогучие голоса оперных певцов — современных «громобоев» развивают звук невероятной силы — более 120 дБ! Такой голос, по-видимому, был и у знаменитого Таманьо.

Итак, применяя «звуковые весы» (шумомеры, самописцы, измерительные микрофоны и т. д.), мы можем «взвесить» любую ноту голоса певца. Посмотрим, однако, что дает нам это «взвешивание» для понимания некоторых секретов вокального мастерства.

Голос Шаляпина на весах

Огромная сила звука — это еще далеко не все достоинства певца. Важно уметь хорошо управлять этой силой, владеть голосом.

В. Д. Зернов (1909) установил, что по мере повышения ноты сила голоса певцов увеличивается, но, как правило, лишь до известного предела. Достигнув определенной высоты, «ученые певцы», по словам Зернова, начинают петь «закрытыми звуками», которые «приятнее по тембру и менее утомительны», Кривая силы голоса на этом переходе у них заметно падает. Только у Шаляпина, как пишет Зернов, «не только не имеется никакого падения силы звука, но и изменение тембра, т. е. переход от одного регистра к другому совершается столь постепенно, что регистры нельзя точно разграничить».

В. Д. Зернов указал также и на другой не менее важный признак технического совершенства певца. При исследовании силы голоса на различных гласных он обнаружил, что разные гласные у неопытного певца имеют разную силу. Наиболее сильными оказались гласные А, Е, О, в то время как И и У были значительно слабее. К сожалению, В. Д. Зернов не приводит данных о силе голоса на различных гласных у «ученых певцов». Много лет спустя подобные измерения были произведены, в частности, в лабораториях физиологической акустики Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР и Ленинградской консерватории. Эти исследования показали, что чем совершеннее певческая техника, тем ровнее по силе оказываются гласные (Морозов, 1964б) (рис. 4).

Ровности вокальных гласных в вокальной педагогике придается исключительно большое значение. Неровные гласные ценители пения именуют «пестрыми» и единодушно считают признаком плохой вокальной техники. У певца с хорошей вокальной техникой все гласные звучат одинаково сильно и полноценно. У неквалифицированного — имеются «хорошие» гласные, на которых голос более или менее звучит, и «плохие», на которых звучание не удается: звук получается слишком «узкий» или «глубокий» ■ — словом, в вокальном отношении непригодный. Любопытно, что не только в вокальном, но и в драматическом искусстве ровность голоса на различных гласных ценится очень высоко. «Как неприятны пестрые голоса, — писал К. С. Станиславский, — в которых звук А вылетает из живота, звук Е из голосовой щели, И — протискивается из сдавленного горла, звук О гудит, точно в бочке, а У, Ы, Ю попадают в такие места, из которых их никак не вытащишь» (Станиславский, 1955, стр. 67),

Для выработки ровности гласных певцы прибегают к самым разнообразным приемам («звук нужно направлять в одно место», «пой У, а думай О» и т. д.). К. С. Станиславскому, например, в этом отношении помог «метод мычания». «С помощью тихого мычания можно не только развить звук, — пишет он, — но и сравнять все ноты на гласных. А как это важно!» (там же).

Вполне естественно, что при работе над ровностью вокальных гласных и при оценке результатов этой работы весьма важно иметь какой-то объективный критерий. Измерение силы звука на различных гласных и графическое изображение полученных данных уже дает такой критерий (рис. 5).

Степень неровности вокальных гласных можно, однако, выразить и чисто математически одним числом; для этого например, можно вычислить среднеквадратическое отклонение силы голоса на различных гласных от средней силы на этих же гласных по общепринятой формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta J_n^2}{n-1}}$$

где σ — среднеквадратическое отклонение, —

$$\sum \Delta J_n^2$$

— сумма квадратов отклонений от среднего, n — число гласных (обычно исследуется 5 гласных: А, Э, И, Щ, У). Как видно на примере рис. 5, этот коэффициент (σ) хорошо количественно характеризует степень неровности гласных: у хорошего певца $\sigma = 2.2$ дб, у плохого $\sigma = 5.7$ дб. Таким образом, коэффициент σ можно в данном применении назвать коэффициентом неровности гласных по силе. Измерения коэффициента неровности гласных, проведенные у большого количества (несколько сот) опытных профессиональных певцов, студентов консерватории и певцов из самодеятельности, показали, что квалифицированные певцы имеют коэффициент неровности гласных не более 3 дб. У наиболее ровно звучащих голосов коэффициент этот равен 1—2 дб, а то и близок к нулю (это часто бывает на высоких нотах). Нужно, однако, заметить, что абсолютной ровности

гласные почти никогда не достигают даже у самых опытных и хороших певцов.

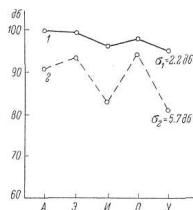


Рис. 5. Сила гласных и коэффициент их неровности (а) у квалифицированного (1) и неквалифицированного (2) певцов.

По вертикали — сила голоса (в дб) по горизонтали — гласные, сила голоса которых измерялась.

Объяснение этому явлению мы найдем в следующих разделах, когда познакомимся с различием между силой голоса и его громкостью, а также с тембром. У плохих певцов с «пестрыми» гласными коэффициент неровности составляет 4—5 дб, а в ряде случаев значительно больше. Коэффициент неровности гласных увеличивается также при сильном утомлении певца после выступления его в оперном спектакле, а также при различных заболеваниях голосового аппарата (Морозов, Шамшева, 1965). В последнем случае он может достигать до 7 и даже 12 дб. Таким образом, число может служить показателем не только совершенства голоса, но и здоровья голосового аппарата.

Динамический диапазон — запас силы голоса

Голос даже при самом СИЛЬНОМ пении должен всегда быть гораздо слабее его предельной возможности, должен свободно литься без форсировки. В этом-то и заключается тайна самых знаменитых певцов прежнего времени, очаровавших непринужденностью и прелестью своего пения.

Ф. Ламперти.

Исключительно большое значение для вокального мастерства имеет динамический диапазон — максимальная разница в силе голоса между форте и пиано. Это как бы запас силы голоса, которым певец может располагать при пении. У неопытного певца динамический диапазон узок. Такой певец аналогичен художнику, который пользуется одной краской или близкими по колориту красками. Часто это бывает громкий звук. От этого выразительность пения сильно страдает, не говоря уже о вреде постоянного перенапряжения голоса для самого певца. Если все ноты певец поет только громко, то в результате ухо слушателя привыкает к такому уровню звучания голоса (адаптация) и громко уже не производит впечатления. Поэтому опытный певец старается максимально расширить свой динамический диапазон. Чаще всего он пользуется голосом средней силы. Многие ноты берет тихо и очень тихо, отчего громко и очень громко, употребляемые им к том) же сравнительно редко, только выигрывают. Шаляпин за весь спектакль брал 2—3 предельно сильные ноты своего голоса, но эффект их был поразителен. Как пишет С. Ю. Левик, не раз выступавший вместе с Ф. И. Шаляпиным на одной сцене, «... мощь Шаляпинского звука была результатом . . . способности Шаляпина распределять свет и тени при исполнении» (Левик, 1962, стр. 478). Нужно полагать, что у Шаляпина был колоссальный запас этих динамических оттенков голоса, которые он, прекрасно чувствуя законы звукового контраста, умело распределял как свет и тени. Это и позволяло голосу Шаляпина, по словам Левика, «... прорезать любой оркестр и выделиться на фоне любого ансамбля» (там же).

Измеряя динамические диапазоны у многих профессиональных певцов, мы обнаружили, что у лучших из них динамический диапазон достигает 20—30 дб, а у неопытных непрофессиональных певцов — всего 5—10 дб. Кроме того, нами в совместной работе с врачом фониатром Ленинградского института по болезням уха, горла, носа и речи Т. Е. Шамшевой было установлено, что у профессиональных оперных певцов динамический диапазон значительно

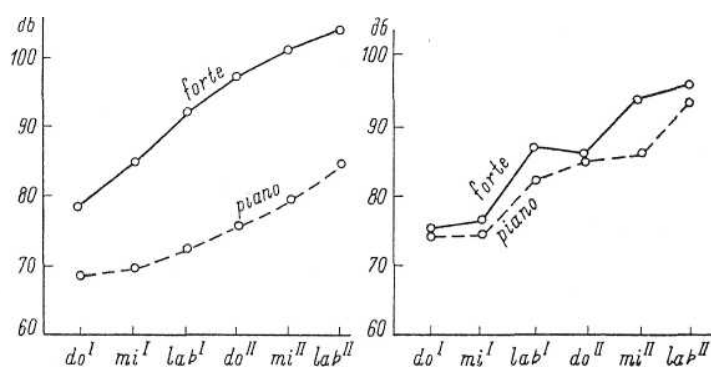


Рис. 6. Динамический диапазон у здоровой профессиональной певицы (слева) и у больной фониастенией (справа).

По вертикали — сила голоса (в дБ); по горизонтали — высота ноты.

сужается в результате заболевания голосового аппарата фониастенией (Морозов, Шамшева, 1965). Сужение динамического диапазона у больных певцов, так же как и у неопытных, часто происходит не только за счет уменьшения силы голоса на форте, но и увеличения ее на пиано (рис. 6). Вместе с тем нужно обратить внимание, как плавно увеличивается сила голоса у здоровой певицы по мере повышения ноты (вспомним опыты Зернова с голосом Шаляпина). Никаких уступов и резких взлетов и падений! Этого нельзя сказать про изменение силы голоса у больной певицы: здесь обе кривые сильно изломаны (рис. 6).

Интересные данные о динамических диапазонах голосов некоторых известных нам певцов приводит И. Д. Симонов (1950) (табл. 2). Данные эти получены при измерении в концертных условиях непосредственно из зала, на сравнительно большом расстоянии от сцены. Поэтому уровни максимальной и минимальной силы голоса несколько занижены и их, конечно, нельзя сравнить с цифрами, полученными при измерении на стандартном расстоянии 1 м. Величины же динамического диапазона в известных пределах сохраняют свое значение независимо от расстояния до слушателей.

Таблица 2
Динамические диапазоны известных оперных певцов, в дБ
(по Симонову, 1950)

| <i>фамилия исполнителя</i> | <i>Минимум</i> | <i>Максимум</i> | <i>Динамический диапазон</i> |
|----------------------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| <i>Козловский</i> | 38 | 72 | 34 |
| <i>Давыдова</i> | 48 | 81 | 33 |
| <i>Жуковская</i> | 52 | 82 | 30 |
| <i>Михайлов</i> | 58 | 87 | 29 |
| <i>Шпиллер</i> | 56 | 84 | 28 |
| <i>Барсова</i> | 56 | 82 | 26 |
| <i>Евлахов</i> | 58 | 84 | 26 |
| <i>Максакова</i> | 56 | 81 | 25 |
| <i>Алексеев</i> | 58 | 82 | 24 |
| <i>Степанова</i> | 56 | 80 | 24 |
| <i>Пирогов</i> | 66 | 86 | 20 |
| <i>Хромченко</i> | 56 | 76 | 20 |
| <i>Политковский</i> | 58 | 78 | 20 |
| <i>Баклина</i> | 55 | 74 | 19 |
| <i>Яунзем</i> | 59 | 76 | 17 |
| <i>Батурин</i> | 64 | 78 | 14 |

Таким образом, динамические диапазоны у хороших профессиональных певцов довольно велики (у мастеров пения доходят до 30 дБ и более). У неопытных же певцов, а также больных динамические диапазоны несравненно уже. Значит, динамический диапазон — это один из многих и к тому же вполне измеримых признаков вокального мастерства. Наряду с коэффициентом неровности гласных (о) динамический диапазон может служить объективным критерием совершенства вокальной техники

„Сильно“- еще не значит „громко“

*Причина совершенства органического мира
заключается в его скрытом несовершенстве.*
К.А. Тимирязев.

Иногда мы говорим: «Какой сильный голос у этого певца!». Но далеко не всем известно, что сильный звук не обязательно должен быть громким. Даже вблизи от источника он может быть тихим и даже вовсе не слышимым! Что же это за парадокс: сильный звук — и вдруг не слышен? Парадокса здесь нет. Дело в том, что понятия «сила звука» и «громкость» — совершенно разные. Сила звука — это объективная величина, характеризующая реальную энергию звука, в то время как громкость — отражение в нашем сознании этой реальной силы звука, т. е. понятие субъективное. Почему же в нашем сознании сила звука отражается не пропорционально своей действительной величине? Все объясняется строгими законами природы.

Частотный диапазон звуков в природе так же велик, как и динамический: он простирается от нескольких долей герца до сотен тысяч герц. Слух же человека из этого огромного диапазона частот воспринимает сравнительно узкую полосу от 16 до 15 000—20 000 гц. Более низкие звуки — инфразвуки — мы уже не воспринимаем слухом, так же как не слышим и более высокие — ультразвуки — мы не услышим, если даже их интенсивность будет доведена до колоссальной разрушительной силы — многих тысяч ватт на 1 см². Эта огромная сила ультразвуков часто используется по воле человека не как разрушительная, а скорее как созидательная: ультразвуки применяются для холодной сварки металлов, пайки, лужения, очистки материалов и т. д. Вот уж поистине здесь сильно еще совсем не значит громко! Не слышим мы также и могучие «вздохи» моря («голос моря»), а также инфразвуки другого происхождения. Но это ограничение слуха — скорее его достоинство, чем недостаток. Ведь если бы мы вдруг каким-то чудом приобрели способность воспринимать ультра- и инфразвуки, которыми всегда полна природа, то мы навсегда лишились бы тишины.

Но даже в полосе звуков, отведенной природой человеку для его слухового восприятия, чувствительность нашего уха далеко не одинакова: звуки, граничащие с областью инфра- или ультразвуков воспринимаются значительно хуже, чем звуки средней части диапазона слышимости. Здесь, в области 2000—3000 Гц, лежит зона максимальной чувствительности слуха, максимальной его остроты, а по краям ее — зоны пониженной остроты. Эту зону повышенной чувствительности слуха профессор Ленинградского университета П. О. Макаров (1956) называет адекватностью, или адекватой (т. е. физиологическим соответствием). Подобные зоны адекватности обнаружены профессором Макаровым не только для слуха, но и для, всех Других органов чувств. Явление это носит характер биологической закономерности.

Со слухом можно проделать простой опыт: подавать на репродуктор со звукогенератора тоны различной частоты, но одинаковой силы. Мы убедимся, что тон частотой 100 гц будет звучать значительно тише, чем тон 1000 или 2000 гц такой же силы. Так вот где таится разгадка несоответствия силы и громкости звуков — в неодинаковой чувствительности нашего слуха к тонам различной высоты, хотя и равной силы,

Ученые высчитали чувствительность уха к тонам различной высоты, изобразив эти данные на графике в виде кривых равной громкости (рис. 7). По вертикальной оси здесь отложен реальный уровень силы звука, точнее — уровень звукового давления (в децибелах), по горизонтальной — частота тона (в герцах). Проследим, например, ход пятой снизу кривой. При частоте тона 1000 гц уровень силы звука, как видно по вертикальной шкале, равен 40 дб. Если теперь мы уменьшим частоту тона, например до 100 гц, то, для того чтобы субъективная громкость этого 100-герцного тона была точно такой же, как и громкость 1000-герцного звука, уровень силы первого (т. е. 100-герцного) сигнала должен быть увеличен до 60 дб, т. е. установлен на 20 децибел больше, чем уровень силы тона частотой в 1000 гц. Значит, звук частотой 100 гц и силой 60 дб звучит для нашего уха ничуть не громче, чем тон частотой 1000 гц, но силой всего лишь 40 дб.

Таким образом, для слуха важна не только сила, но и частота звуковых колебаний. Обнаружив это, ученые решили: нельзя ли громкость любого по частоте звука приравнять к громкости какого-либо одного, например 1000-герцного тона, с целью характеризовать громкость любого по частоте звука уровнем звукового давления этого одного основного или стандартного звука? Звук частотой 1000 гц был утвержден в качестве стандартного сигнала сравнения, а громкость всех

Примечание [MN1]: 2

Герц, — единица измерения частоты колебаний; 1 гц — это такая частота, при которой тело совершает 1 колебание в 1 сек.

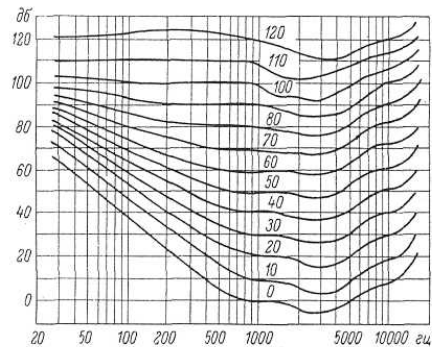


Рис. 7. Кривые равной громкости (по Г. Флетчеру и В. Мансону).

По горизонтали — частота тона (в гц), по вертикали — сила звука (в дБ).

остальных по частоте звуков стала измеряться в децибелах уровнем звукового давления этого основного 1000-герцового тона, равногромкого с измеряемым звуком. Так родилась новая единица, служащая для измерения уровня громкости — фон³. Таким образом, уровень громкости в фонах любого звука всегда численно равен уровню звукового давления в децибелах равногромкого с этим звуком стандартного тона частотой 1000 гц. Фоны и децибелы — самые ближайшие «родственники», и роднит их число 1000 гц: при частоте 1000 гц фонны и децибелы всегда совпадают.

Для измерения уровня громкости сложных звуков, например шумов или звуков голоса, также применяются фонны. В связи с этим «звуковые весы» — стандартные шумомеры бывают снабжены двумя шкалами: шкалой децибел, показывающей уровень звукового давления, и шкалой фоннов, измеряющей уровень громкости. Если в первом случае шумомер обладает одинаковой чувствительностью к звукам разной высоты, то во втором чувствительность шумомера при помощи специальных корректирующих электронных цепей искусственно подгоняется под чувствительность слуха: шумомер как бы копирует ухо человека.

Итак, важнейшая особенность нашего слуха — неодинаковая чувствительность к звукам разной частоты — раскроет нам в дальнейшем многие загадки вокального искусства, в частности поможет понять значение высокой певческой форманты и природу звонкости и полетности певческого голоса. Сложный звук, как нам известно, состоит из суммы простых колебаний — обертонов. Теперь нам легко понять, что если в сложном звуке будут преобладать высокие обертоны, частота которых будет соответствовать максимальной чувствительности слуха (примерно 1000—3000 гц), то этот звук даже при одинаковой силе со звуком, в котором преобладают низкие обертоны (например, в области 100—300 гц), будет восприниматься как более громкий. Для слуха важны фонны, а не децибелы, и это требование слуха, как мы увидим, лежит в основе многих удивительных приспособлений нашего голосового аппарата, а также музыкальных инструментов.

Примечание [MN2]: 3. Был и попытки создания и других единиц для измерения громкости, основанные на несколько иных принципах, например сон. Однако сон как единица громкости не нашел всеобщего признания ввиду большой зависимости от индивидуальных особенностей слуха людей.

Что значит fff?

Теперь настало время поговорить о том, как же измеряется громкость звуков в мире звукового искусства — у самих музыкантов и певцов. Единственным измерительным прибором здесь для оценки громкости является сам слух, а единицами измерения — динамические оттенки звука, о которых мы уже упоминали (форте, пиано и т. д.). Всего музыканты обычно различают не более восьми градаций громкости, пользуясь особыми значками для их обозначения.

В правой части табл. 3 мы поместили уровни громкости в фонах, которым примерно соответствуют эти музыкальные градации громкости. Разница в громкости между музыкальными динамическими оттенками составляет примерно 10 фон и субъективно равна как бы увеличению громкости в 2 раза. Нужно, однако, подчеркнуть известную условность этих границ и зависимость их от различных условий восприятия звука. Так, например, С. Н. Ржевкин (1936) обнаружил, что если мы попросим человека удвоить громкость звука (что он может легко сделать вращением ручки регулятора громкости прибора), то он увеличивает звук в среднем на 10—12 фон. Если же того же человека попросить вновь вернуться к исходному уровню, т. е. уменьшить громкость звука в два раза, то человек уменьшает его уже не на 10—12 фон, как и следовало бы ожидать, а на несколько меньшую величину, т. е. на 7—9 фон.

Причиной этому, как легко видеть, оказывается уже знакомое нам явление адаптации слуха: увеличение громкости звука в два раза делает слуховой аппарат более грубым прибором, а при вторичном задании уменьшить звук вдвое человек как бы недооценивает его громкость,

Таблица 3

Градации громкости, применяемые в музыке, и соответствующие им уровни громкостей в фонах

| № п/п | Градация громкости | Название градации (русское в латинское) | Условное обозначение | Соответствующий уровень громкости, в фонах |
|-------|--------------------|---|----------------------|--|
| 1 | Самое громкое. | Форте-фортиссимо (for- te-fortissimo). | fff | 110 - 120 |
| 2 | Очень громко. | Фортиссимо (fortissimo) | ff | 100 - 110 |
| 3 | Громко. | Форте (forte). | f | 90 - 100 |
| 4 | Умеренно громко. | Меццо-форте (Mezzo-forte) | mf | 80 - 90 |
| 5 | Умеренно тихо. | Меццо-пиано (Mezzo-piano) | mp | 70 - 80 |
| 6 | Тихо | Пиано (piano). | p | 60 - 70 |
| 7 | Очень тихо | Пианиссимо (pianissimo). | pp | 50 - 60 |
| 8 | Самое тихое. | Пиано-пианиссимо (piano-pianissimo). | ppp | 40—50 |

устанавливая звук несколько громче первоначальной величины. Поэтому-то динамические оттенки — форте, пиано и т. д. не соответствуют строго определенным уровням громкости и силы звука, а как бы колеблются в известных пределах. Пределы эти проф. Н. А. Гарбузов назвал «зонами» (Гарбузов, 1955).

Условность музыкальных динамических оттенков зависит не только от слушателей и самих музыкантов, но и от технических возможностей музыкальных инструментов и самого человеческого голоса. Ясно, что forte флейты — это совсем не то, что forte целого симфонического оркестра, хотя и forte оркестра имеет свои пределы. П. И. Чайковский в одном из своих

музыкальных произведений («Буря», такты №№ 537—538) потребовал от музыкантов звука невероятной силы: он обозначил fffff! Ясно, что этим знаком композитор хотел скорее подчеркнуть наивысшее эмоциональное напряжение, сосредоточенное в данном месте произведения, чем надеялся получить от оркестра громкость такой небывалой градации.

Истинная цена музыкальных динамических оттенков зависит также от размеров и акустики помещения: большое помещение требует несколько больших значений всех градаций громкости, чем маленькое. Например ff в небольшом помещении может соответствовать всего лишь f в большом зале и т. д. Это часто вводит в заблуждение молодых певцов, впервые выступающих на большой сцене. Им кажется, что голос их в большом зале вдруг почему-то звучит слабо и тихо, звук «уходит и не возвращается» и т. д. Если певец уверен в себе, он будет в этом большом зале петь, не обращая внимания на кажущуюся потерю громкости. В этом ему должен помочь мышечный контроль и другие органы чувств, составляющие вместе со слухом единую контрольную систему голоса, называемую «вокальный слух». Если же певец неопытен и этот внутренний контроль у него слаб, то при пении в большом зале он будет стараться достичь привычной громкости голоса, будет перенапрягать или, как говорят певцы, форсировать звук, и эта ненужная затея ему очень дорого обойдется, так как он может «сорвать» голос и во всяком случае споет хуже, чем обычно. В мире вокального искусства важно не только fff, но также и то, какой ценой оно достигается. Подробнее об этом будет рассказано в главе «Загадки вокального слуха».

Курьезы полетности голоса

«Полетность» голоса Баттистини была исключительной. Он обладал редкой способностью преодолевать значительные расстояния, плохие акустические условия зрительного зала, увеличенное звучание оркестра.

Е. Г. Ольховский,

Музыканты и певцы высоко ценят одно очень важное свойство звука — его полетность. Это свойство звука определяется ими как способность звука лететь вдаль, распространяться на большие расстояния, а кроме того, выделяться на фоне других звуков, «пробиваться через их заслон», «лететь через оркестр» и т. д.

Итальянские маэстро называют это свойство голоса *portata de la voce*. Многие же из современных практиков и теоретиков вокала обозначают его термином «носкость», что, очевидно, связано с буквальным переводом итальянского слова *portare* (нести). В современной литературе для характеристики этого явления все чаще и чаще употребляется термин «полетность», который, на наш взгляд, более удачно отражает суть дела.

Если вы обладаете, как говорят, большим голосом и производите впечатление мощного звучания. . . в небольшом помещении, то не торопитесь причислить себя к разряду оперных певцов: нужно еще послушать, как ваш голос звучит в большом помещении, как он летит и как «режет» оркестр. Существуют голоса как будто бы и большие, по почему-то не полетные. В маленькой комнате—это царь-голос, а на большой сцене этого «царя» забьет даже самое жиденькое сопрано! Такие неполетные голоса старые итальянские маэстро обозначали удивительно подходящим термином — *metallo-falso*, т. е. «ложный металл».

С другой стороны, встречаются голоса как будто маленькие и «невзрачные», во всяком случае не впечатляющие в небольшом помещении, но зато в большом театре, на огромной сцене, они как будто бы ничуть не теряют в звучности и даже усиливаются, прекрасно слышны во всех уголках огромного зала, свободно выделяясь на фоне хора и оркестра. Вот это-то свойство голоса и называется *п о л е т н о с т ь ю* и высоко ценится не только у певцов, но и у всех музыкантов.

Известно, что великие скрипичные мастера Гварнери, Страдивари, Амати и некоторые другие умели создавать скрипки-шедевры, которые отличались не только своим великолепным, благородным звучанием, но также и поразительной полетностью звука. Секрет этого чудесного свойства скрипок Страдивари, давно ставших музейной редкостью, несмотря на усилия многих исследователей, все еще не разгадан до конца.

Разумеется, большой голос необязательно должен быть неполетным, а маленький — полетным. Это хотя и крайние, но не так уж и редкие случаи. Часто же большой, хороший голос обладает и достаточной полетностью. Чтобы оценить это важное свойство, на конкурсах певцов жюри обязательно стремится в последнем, окончательном туре конкурса устроить состязания певцов не только между собой, но и с оркестром! И не только с оркестром, но и с акустикой большого зала! Но зала не пустого (в пустом зале голос звучит и летит лучше), а заполненного публикой на 100%! Если ваш голос выйдет из всех этих каверз и препятствий победителем, то звание лауреата конкурса вами вполне заслужено.

Разумеется, мы сейчас не говорим о художественно-эстетической стороне исполнения, которая имеет свои критерии оценки, к сожалению, трудно поддающиеся количественному измерению. А вот степень полетности такой количественной оценки вполне поддается. Каким же образом?

Конечно, для оценки полетности голоса иногда бывает вполне достаточно просто послушать певца. Вспомним, как студенты оценивали силу и полетность голоса Таманьо, слушая его с Петровки через слуховые окна Большого театра, «В то время как оркестр, хор, все солисты, кроме самого Таманьо, выстроенные на авансцене, пели полной грудью и играли самое сильно форте, — пишет К. С. Станиславский, — сзади раздалась, полетела, покрыла всех певцов, хор и оркестр одна беспредельная нота, потом другая, третья . . . кроме них, ничего не было слышно и не хотелось слышать. Это пел Таманьо» (1948, стр. 29—30). Здесь, как говорится, и измерять нечего: сила голоса феноменальная, полетность — наивысшая. Но полетность — это драгоценное свойство голоса профессионального певца — зависит далеко не только от силы самого звука. А от чего же еще? Рассказать об этом могут только акустические измерения.

Под шумовой завесой...

Методика измерения полетности голоса строится исходя из самого определения полетности как способности звука выделяться на фоне других звуков, преодолевать звуковую завесу. Однако оркестр для этой цели не подойдет, потому что он дает звуковую завесу, слишком непостоянную по плотности и качественному составу звуков. Поэтому необходимая звуковая завеса создается не музыкальным источником, а искусственным, в котором, однако, содержатся те же самые звуковые компоненты, из которых состоят и звуки оркестра. Этим условиям удовлетворит так называемый «белый шум», часто применяемый в акустике в качестве стандартной помехи и производимый специальным генератором шума (рис. 8). Звук голоса, записанный на магнитофон (МАГ), смешивается с шумом в специальном электроакустическом смесителе, и эта смесь подается на телефоны слушателя. Уровень шума в этой смеси оставляют постоянным (например, 80 дБ), а силу голоса (с магнитофона) уменьшают регулятором громкости до тех пор, пока голос не будет еле-еле слышен на фоне шума. Это и будет так называемый порог обнаружения голоса в шуме. При помощи измерителя уровня (ИУ) можно измерить эту пороговую силу голоса.

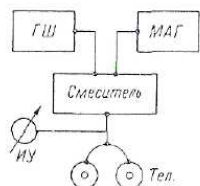


Рис. 8. Блок-схема

дования помехоустойчивости звуков.

МАГ — магнитофон с записью исследуемого звука; ГШ — генератор стандартного шума; ИУ — измеритель уровня сигнала; Тел. — телефоны слушателя.

Для сравнения полетности голосов у различных певцов можно вычислить для каждого из них коэффициент полетности голоса (а точнее — коэффициент помехоустойчивости), который оказывается пропорциональным логарифму отношения интенсивности шума к пороговой интенсивности голоса и выражается в децибелах. Этот коэффициент показывает, на сколько децибел голос певца может быть слабее шума, с тем, однако, условием, чтобы не потонуть в этом шуме.

С целью избежать случайности в этих опытах оркестр мы заменили «белым шумом». Но ведь подобным непостоянством силы, высоты, тембра и т. д. обладает и сам звук голоса певца, когда певец поет, например, песню. Чтобы оградить результаты опытов от этой случайности, исследуют помехоустойчивость вполне определенных гласных, пропеваемых певцом на определенных тонах. А чтобы сделать звучание этих гласных достаточно продолжительным, обеспечивающим оператору-слушателю возможность произвести длительные измерения, применяется следующий хитрый прием: участок магнитофонной ленты, на который записан тот или иной подлежащий исследованию гласный, вырезается, и концы ленты склеиваются, образуя замкнутое кольцо. Эта лента-кольцо и воспроизводится на магнитофоне, обеспечивая сколь угодно длительное звучание гласного. Для изучения коэффициентов помехоустойчивости различных гласных кольца на магнитофоне сменяются.

При помощи данной методики было установлено, что голоса различных певцов обладают различной способностью преодолевать маскирующее действие шума, т. е. обладают разной помехоустойчивостью. Хорошие (звонкие) голоса имеют коэффициент помехоустойчивости 25—30 дБ, а плохие («сырые») голоса — всего 18—20 дБ. Так, например, голос народного артиста СССР С. Я. Лемешева еще слышен в шуме, будучи на 28 дБ ниже его уровня. Для сравнения упомянем, что тенор одного неопытного певца-любителя утонул в этом же шуме и перестал слышаться уже при силе всего лишь на 18 дБ ниже уровня шума.

Помехоустойчивость обычных речевых гласных также оказывается существенно меньше помехоустойчивости вокальных гласных.

Чем же объяснить такую значительную разницу в способности различных голосов пробиваться через шумовую завесу?

Исследования показали, что помехоустойчивость голоса зависит от многих причин, и в первую очередь от акустических свойств самого звука. Оказалось, что звуки, богатые высокими обертонами (звонкие звуки), обладают значительно большей помехоустойчивостью и полетностью, чем звуки, не содержащие этих высоких обертонов. Особенно большое значение для помехоустойчивости имеет группа высоких обертонов, так называемая «высокая певческая форманта». Было установлено, что в голосе Лемешева эти высокие обертоны выражены хорошо, а в голосе тенора-любителя — плохо.

Любопытно, что если из хорошего (звонкого) голоса при помощи специальных акустических преобразований «вырезать» и удалить высокие обертоны, то вместе со звонкостью теряется и его полетность, и помехоустойчивость: коэффициент помехоустойчивости падает с 25—30 до 12—15!

На полетность влияет также высота звука (высокие звуки более полетны, чем низкие), характер гласной (Э, И более полетны, чем О, У), а также вибрато (голос с вибрато более полетен, чем без вибрато). Существенно влияют на полетность и акустические свойства помещения: в одном помещении голос хорошо летит, а в другом — не летит.

В большой мере результаты измерения помехоустойчивости зависят и от степени направленности внимания при слушании. Слух человека обладает удивительной и еще не вполне выясненной способностью направленного избирательного восприятия, т. е. умением выбрать желаемый сигнал из целого хаоса посторонних мешающих звуков, уровень которых иногда превышает

Примечание [MN1]: 4

Указанное свойство звука противостоять заглушающему воздействию посторонних звуков в акустике именуется помехо-устойчивостью. Процесс же заглушения одного звука другим называется маскировкой звуков. Строго говоря, здесь мы изучаем именно помехоустойчивость вокальных гласных, или глубину их пороговой маскировки.

Примечание [MN2]: 5

Подробнее эти опыты описываются в главе «Цвет голоса».

уровень полезного сигнала на 30 дБ и более. Ни один микрофон и ни одна машина пока что не способны сравниться в этом отношении со слухом. Ученые сейчас работают над разгадкой этой изумительно полезной способности слуха, пытаются использовать ее принцип в построении систем автоматического распознавания сигналов при больших уровнях помех.

Поэтому нужно особо подчеркнуть, что в данном случае речь идет о полноте звуков и их помехоустойчивости не как о неких абстрактных физических свойствах звуковой энергии,⁶ а свойствах этой энергии по отношению к особенностям нашего слуха. Так, например, установлено, что большая помехоустойчивость звуков, богатых высокими обертонами, объясняется повышенной чувствительностью нашего слуха к этим высоким обертонам. Это обязывает нас искать причины помехоустойчивости не только в особенностях самого сигнала, но и в свойствах его приемника.

Таким образом, помехоустойчивость выступает здесь как некая функция согласования акустических свойств сигнала с физиологическими свойствами его приемника — слуха, выработавшимся в процессе эволюционного развития.

Зависит помехоустойчивость сигнала и от свойств самой помехи; наиболее злобными помехами являются такие, которые по своим свойствам приближаются к свойствам сигнала. На этом свойстве основан также принцип маскировки и зрительных сигналов.

Примечание [МНЗ]: 6

Установлено, что коэффициент поглощения звуков воздушной средой увеличивается с их частотой, т. е. высокие звуки поглощаются больше (Беранек, 1952).

КАК КОЛЕБЛЮТСЯ НАШИ ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ

То, что испокон веков неосновательно называли «колебаниями» голосовых связок, не является в строгом смысле колебаниями, возникающими в упругих телах: это просто серия сверхкоротких и быстрых ритмических сокращений голосовых

Р. Юссон.

От частоты колебаний голосовых связок зависит высота голоса: чем чаще колеблются голосовые связки — тем выше голос. Изменение высоты основного тона голоса в процессе обычной речи определяет интонацию предложения (вопрос, восклицание и т. д.) {Артёмов, 1960; Зиндер, 1960}. Речь, лишенная интонации, — монотонна и невыразительна (не эмоциональна). Недаром поэтому создатели научно-фантастических кинофильмов наделяют роботов речью, лишенной интонации. Подобный прием нередко применяется и в музыке. Так, например, в опере П. И. Чайковского «Пиковая дама» призрак, явившийся Герману в образе графини, сообщает ему тайну трех карт монотонным, бесцветным голосом, звучащим на одной ноте. Это как нельзя лучше создает впечатление безжизненности, призрачности образа графини. И наоборот, сильные эмоциональные переживания изображаются в музыке значительными изменениями высоты голоса, что и составляет основу мелодии. При этом кульминационные моменты наивысшего эмоционального напряжения соответствуют, как правило, и наиболее высоким нотам мелодии.

Соперники Имы Сумак

Приезд известной перуанской певицы Имы Сумак на гастроли в нашу страну в 1960 г. вызвал большой интерес: все хотели посмотреть и послушать чудо-женщину, способную петь не только своим обычным женским голосом — сопрано, но еще и тенором и даже баритоном, а сверх того, буквально высвистывать горлом невероятно высокие, флейтовые ноты.

Голос Имы Сумак действительно имеет необычайно большой частотный диапазон — более четырех октав. Это оказывается в два с лишним раза больше обычного певческого голоса, так как требования для профессионального певца — владеть диапазоном не менее двух октав.

Высота голоса человека, как уже говорилось, зависит от частоты колебаний голосовых связок. Музыканты измеряют высоту звука в октавах и долях октавы — тонах, полутонах, центах и т. д.

Октава — это такой частотный интервал, который соответствует увеличению частоты звуковых колебаний ровно в два раза. Так, например, если мы возьмем частоту колебаний 100 гц и увеличим ее на октаву, то получим 200 гц. Если теперь частоту этого звука еще увеличим на октаву, то получим уже 400 гц, следующая октава — 800 гц и т. д.

Октава делится на 12 полутонов, а каждый полутоном — на 100 центов. Таким образом, кроме герц, мы имеем еще большой набор других единиц для измерения частоты. Свое начало эти единицы ведут от октавы. Сама же октава удобна для измерения частоты не только в математическом отношении (простое удвоение частоты), но и для слуха: интервал в октаву слух воспринимает как самый простой, а звуки, разнящиеся на октаву, — как очень сходные. Поэтому и обозначение в разных октавах эти звуки (разнящиеся на октаву) имеют одно и то же, например, doI — первой октавы, doII — второй октавы, doIII — третьей и т. д.

Певческие голоса по свойственной им высоте делятся на различные виды. Мужские — на три основные группы (тенор, баритон и бас), а женские — на четыре (контральто, меццо-сопрано, сопрано, колоратурное сопрано).

Чтобы успешно справляться с репертуаром, певец должен иметь диапазон голоса не менее двух октав. Таким образом, его голосовые связки должны изменять частоту своих колебаний в четыре раза. Это не очень много по сравнению с изменением силы голоса, которая, как мы видели, изменяется в значительно больших пределах. На самой низкой ноте (mi большой октавы) голосовые связки баса колеблются с частотой всего лишь 82 гц, а на самой высокой басовой ноте (mi первой октавы) — с частотой 349 гц. Зато голосовые связки самого высокого женского голоса — колоратурного сопрано — на самой высокой ноте (fa третьей октавы) совершают 1397 колебаний в секунду (табл. 4).

Бывают, однако, певцы, владеющие диапазоном голоса значительно больше нормы. Такие

голоса обычно называют феноменальными. Има Сумак принадлежит к их числу. Ее голосовые связки на самой высокой ноте (do четвертой октавы) совершают 2093 колебания в 1 сек.

Однако те, кто слушал Иму Сумак в концерте, знают, что голос ее совсем не отличается большой силой, особенно на этих крайних нотах диапазона. В большом концертном зале не слышны ни самые низкие ее ноты, ни самые высокие. В этом отношении Има Сумак бесспорно имела и сегодня еще имеет многих соперников.

Таблица 4

Звуковысотные диапазоны голоса певцов

| Типы мужских голосов | Звуковысотный диапазон | | Типы женских голосов | Звуковысотный диапазон | |
|----------------------|------------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------|----------|
| | в нотных обозначениях | в гц | | в нотных обозначениях | в гц |
| Бас | Mi — fa ^I | 82—349 | Контральто | mi - fa ^{II} | 165—698 |
| Баритон | La - sol ^I | 110 - 392 | Меццо-сопрано | la - la ^{II} | 220—880 |
| Тенор | do - do ^{II} | 131—523 | Сопрано | do ^I - do ^{III} | 262-1046 |
| | | | Колоратурное сопрано | do ^I - fa ^{III} | 330—1397 |

Так, например, известно, что знаменитая итальянская певица Анджелика Каталани (1780—1849) свободно брала ноту sol третьей октавы (1568 герц); наша современница, украинская певица Евгения Мирошниченко берет la этой же октавы (1760 герц), а современница Моцарта Лукреция Аджиогари — так же, как и Има Сумак, — ноту do четвертой октавы. Не уступает Има Сумак по высоте голоса и современная французская певица Мадо Робен: ей принадлежит сегодня рекорд высоты звука — re^{IV} (2349 герц)!

Мужские голоса также имеют своих феноменальных представителей. Выдающийся русский певец Осип Петров — «дедушка русской оперы», как его называют, свободно владел голосом в три с половиной октавы (бас, баритон), причем голос его был действительно феноменальной силы и красоты. Партия Руслана написана М. И. Глинкой специально для О. Петрова, поэтому далеко не все певцы способны успешно справиться с этой ролью.

Ф. Ф. Заседателев (1935) упоминает имя своего современника — феноменального певца Прита, владевшего басом, баритоном, тенором и контральто, т. е. обладавшего диапазоном в пять с половиной октав!

Известны также рекорды и низких голосов. Как свидетельствует надпись на могиле одного из октавистов, похороненного в Троице-Сергиевой лавре, он мог брать ноту fa контроктавы. Голосовые связки этого феноменального певца могли колебаться с частотой всего лишь 36 герц.

Таким образом, возможности человеческого голосового аппарата в отношении высоты издаваемых звуков оказываются довольно большими и охватывают почти все ноты, применяемые в музыке.

В обычной бытовой речи высота голоса изменяется значительно меньше, чем в пении. Статистически установлено, что мужчины говорят, как правило, в пределах большой и малой октав на частоте 85—200 гц, а женщины — в малой и первой октавах: 160—340 гц (Мартынов, 1962).

Речь артистов (сценическая речь) по частотному диапазону значительно шире, чем бытовая. Ее диапазон, так же как и у певцов, доходит до двух октав (по данным исследований артистов американских драматических театров).

Диапазон голоса — не врожденное свойство голосового аппарата человека, он приобретает в процессе индивидуальной жизни в результате постоянных упражнений. Ребенок, только что родившись, имеет диапазон всего лишь в одну-две ноты, к пяти годам — уже 4—6 тонов, а в возрасте около 12 лет, когда мальчики наиболее успешно поют в специальных хорах — капеллах, диапазон их голоса составляет около полутора октав (Малинина, 1966). По высоте детский голос соответствует примерно среднему женскому голосу сопрано.

В истории пения большую известность получили певцы-кастраты. Как известно, рост гортани человека и его голосовых связок тесным образом связан с функцией половых желез. Половой гормон, выделяемый железами в кровь, стимулирует рост гортани и всех других отличительных признаков пола. Еще в глубокой древности получил распространение варварский обычай кастрировать мальчиков с целью наказания, получения равнодушных слуг царских гаремов, а также для воспитания певцов-кастратов.

Голоса взрослых кастратов обладали огромной силой и диапазоном, будучи по тембру

очень похожи на звук детского голоса. Сочетание маленькой детской гортани и огромных легких (рост тела у кастратов усилен) обеспечивали им возможность тянуть ноты большой звучности и невероятной продолжительности - более одной минуты! Некоторые из них были способны исполнять на одном вдохе восемнадцать (!!) двухоктавных гамм, а знаменитый певец-кастрат Ферри умудрялся еще на каждой ноте сделать трель (особое украшение голоса, заключающееся в его периодической вибрации). Немудрено поэтому, что публика, слушая певцов-кастратов, часто приходила в неистовство и настоящий экстаз. Гонорары кастратов-певцов были баснословны. Так, например, Кафарелли получал столько денег, что смог свободно купить себе целое герцогство вместе с титулом герцога.

Для достижения такой невероятной изощренности в технике пения певцы в те времена работали в буквальном смысле и днем и ночью. Жили они, как правило, вместе со своими учителями под одной крышей, вставляли в три часа ночи и до самого вечера только и занимались голосовыми упражнениями.

В историю вокальной педагогики вошел знаменитый «листок Порпоры» — всего лишь одна страничка с вокальными упражнениями, написанными композитором Порпорой для кастрата Кафарелли. По этому листку Порпора обучал Кафарелли более пяти лет, не разрешая ему петь ничего более. Говорят, что именно благодаря такой фанатической преданности вокальным занятиям Кафарелли и стал через некоторое время самым знаменитым певцом своего времени.

Певцы из мира безмолвия

Существо дела в том, что звуковые волны используются как инструмент или «удлинитель органов чувств» для исследования окружающей обстановки.

Д. Гриффин.

Примеры феноменальных голосов убеждают нас в огромных природных возможностях человеческого голосового аппарата, и в частности в способности его порождать звуки широчайшего частотного диапазона.

В природе, однако, существуют «певцы», частотный диапазон голоса которых намного превосходит возможности голосового аппарата человека. Такими феноменальными голосами природа одарила некоторых представителей из мира животных. Знакомство с ними оказалось для человека не только интересным, но во многих отношениях даже полезным.

Диапазон голоса маленького ночного зверька — обыкновенной летучей мыши — составляет около семи октав! Самые низкие ноты у летучей мыши похожи на свист, а самые высокие лежат далеко за пределами нашего слуха, в области ультразвуковых частот, доходя до 140 000 гц. Если перевести эти цифры на язык музыкальной акустики, то это соответствует диапазону от третьей до девятой октавы.

Еще более поразителен диапазон голоса морского «певца» — дельфина. Его голос простирается от самых низких басовых (хрюкающих) звуков, перекрывает все диапазоны баритона, тенора, сопрано и даже летучей мыши, доходя до 160 000 — 180 000 гц, т. е. до *fa* десятой октавы. В общей сложности голос дельфина охватывает более 12 октав — никем из живых существ не превзойденная, рекордная цифра!

Удивительно только, почему у нас сложилось представление о морских глубинах как о ничем не нарушаемой вечной тишине. Даже люди, казалось бы, хорошо знакомые с особенностями жизни моря, почему-то называют свой фильм о морских джунглях «В мире безмолвия», хотя морские глубины постоянно наполнены причудливыми звуками самых невероятных, «неземных» тембров. Создатели этих звуков — не только само море, имеющее, кстати говоря, свой собственный грозный и могучий инфразвуковой «голос», возвещающий о приближении бури, но и многочисленные морские обитатели — рыбы, раки, моллюски, дельфины и многие другие животные.

Некоторые из рыб обладают прямо-таки удивительными вокальными способностями. Известный польский писатель Аркадий Фидлер, написавший книгу «Рыбы поют в Укаяли», заслушивался, например, пением рыб в тропиках. Других рыб природа (как известно, не для всех одинаково щедрая) наградила более скромными голосовыми данными. Ставрида, например, лает по-собачьи, рыба-барабанщик издает шумные

звуки, действительно похожие на барабанный бой, а морской налим выразительно урчит и хрюкает. Звуки эти далеко не случайны: большинство рыб великолепно слышит звуки и применяет их для сигнализации (Тарасов, 1960; Протасов, 1965). Кто из нас может теперь сказать, что известная поговорка «нем, как рыба» имеет какой-нибудь смысл?

Иногда в море раздаются сильные и жалобные крики — это «плачут» ламантины и дюгоны, послужившие прообразом тех самых мифических сирен, голоса которых, по преданию, заывают людей в море и которых все же ухитрился послушать легендарный Одиссей, велев команде привязать себя к корабельной мачте. Великаны моря обладают столь же могучими голосами: «вздохи» гренландского кита слышны за 2—4 километра, а рев тюленя-хохлача — много дальше. Очень любопытно, что белуга (точнее, белуха),⁽¹⁾ очевидно, та самая, которую имели в виду авторы поговорки «ревет, как белуга», действительно ревет, свистит и даже (невероятное сочетание способностей!) поет, как канарейка.

В наши дни в ряде стран получили распространение долгоиграющие пластинки с записями голосов всевозможных морских животных, а некоторые композиторы — ревнители натуралистической музыки уже используют эти записи в своих «музыкальных» произведениях.

Зачем же нужно человеку знать и изучать вокальные возможности зверей и рыб? Изучение строения и действия голосового аппарата животных представляет большой научный интерес с различных точек зрения. Во-первых, это дает возможность лучше понять строение и действие голосового аппарата человека и те эволюционные пути, по которым он развивался. Во-вторых, многие виды животных и рыб настолько близки друг к другу (похожи друг на друга), что их научную классификацию можно производить только на основе особенностей их голосов, так как никакие другие систематические признаки не выражены столь определенно и постоянно, как «вокальные». Изучая голоса животных, человек многое узнает о самых таинственных сторонах их жизни; об особенностях питания, размножения, защиты от врагов, нападения на добычу, взаимного общения и т. д.

«Рыбья» акустика не так давно нашла применение даже в военном деле. Во время второй мировой войны японцы сконструировали торпедные аппараты, имитирующие звуки ... стаи сельдей. Эта хитрость долгое время вводила в заблуждение акустиков противника, и японцы потопили много кораблей, прежде чем их секрет был разгадан.

Но вернемся снова на некоторое время к дельфинам и летучим мышам и спросим: зачем этим животным природа дала голос столь невиданного частотного диапазона, превосходящего все человеческие возможности? Если многим животным голос нужен главным образом как средство

взаимного общения, то для дельфинов и летучих мышей голосовой аппарат не менее важен, чем глаза или уши. Отнимите голос у этих животных, и они умрут с голоду, так как голос является для них в полном смысле слова средством к существованию: при помощи голоса они ... ловят добычу! Раньше в этом сомневались, но теперь это твердо доказано. Летучие мыши и дельфины «кричат», чтобы своим чутким слухом ловить эхо, отраженное от различных препятствий, в том числе и от их добычи. Ничтожного эха от комара летучей мыши вполне достаточно, чтобы обнаружить добычу и немедленно ее схватить. За 15 мин. подобной охоты мышь может наловить до 200 комаров (Гриффин, 1961).

Эхо собственного голоса прекрасно служит летучей мыши и как средство ориентировки в полете: она никогда не натывается на препятствия, летая в абсолютной темноте по длинным и извилистым коридорам подземных пещер, где она обычно обитает.

Ориентировка по отраженному эху получила в акустике название эхолокации. Подобным принципом эхолокации в воде или, как ее называют, гидролокации, с успехом пользуются и дельфины. Голоса у них много мощнее, и поэтому эхолокация дельфина дальнобойная и к тому же удивительно точная: на расстоянии в несколько километров дельфин методом гидролокации обнаруживает сорт рыбы, за которой он охотится, и немедленно туда спешит. Для ловли добычи зрение дельфину вовсе не нужно: он успешно охотится в очень мутной воде, в полной темноте, а также если ему на глаза надеть специальные светонепроницаемые колпачки.

Если же дельфинов и летучих мышей лишить слуха, то они сразу же теряют способность ориентироваться и находить добычу. Их голос, так же как и голос человека, «работает» в полном содружестве со слухом, и выход из строя одного из этих аппаратов, предназначенных природой друг для друга, сразу же обесценивает и другой.

Теперь нам должно быть понятно, почему эти животные имеют такую развитую голосовую функцию: ведь голос, их — настоящий профессиональный инструмент, при помощи которого они кормятся. Инструмент этот удивительно точный. Если подсчитать, то эхо-сигнал голоса летучей мыши или дельфина, отраженный от тела добычи (комара или рыбки), составляет по мощности миллионные доли излучаемой ими звуковой энергии.

Для ученых до сих пор является загадкой, как слух этих животных способен ориентироваться в этих ничтожных эхо-сигналах, как они не заглушаются посторонним шумом, которого везде много, голосами других животных, и в первую очередь своих сородичей, и, наконец, их собственным голосом. Ученые надеются, что разгадка этих тайн

животных-вокалистов поможет усовершенствовать локационные приборы: эхолот — глаза и уши подводной лодки, сонар, радар и другие сложные современные приборы ближней и дальней ориентировки, опознавания и связи.

Наконец, огромный интерес для человека представляет система взаимного общения дельфинов при помощи звуков (звуковая коммуникация). Исследователи пытаются разгадать тайну «языка» дельфинов, чтобы в будущем наладить с этими удивительно сообразительными и дружелюбными (по отношению к человеку) животными систему звуковой связи с целью управления поведением дельфинов и получения с их помощью ценнейшей информации из морских глубин (Белькович, Клейненберг. Яблоков, 1965; Лилли, 1965).

Один из видов дельфинов, обитающих в северных морях. Белуху в этом отношении не следует путать с действительно молчаливой рыбой — белугой из семейства осетровых.

От ларингоскопа до «Фабра»

И. П. Павлов часто любил повторять, что успех научной работы зависит от совершенства методики исследования. Часто новая методика приносит и новые достижения. Так, в частности, ультразвуковая эхолокация дельфинов была обнаружена только тогда, когда были созданы ультразвуковые приемники и современная гидроакустическая аппаратура. Гак было и с открытием многих закономерностей голосовой функции человека.

Какие же методы и приборы существуют для исследования колебаний голосовых связок у человека?

Как уже говорилось, колеблющиеся голосовые связки во время фонации у живого человека впервые увидел М. Гарсиа (сын) при помощи изобретенного им ларингоскопа — гортанного зеркала. Если глотку человека можно сравнить с вертикальной трубкой, то ротовая полость по форме и расположению напоминает отрезок широкой горизонтальной трубы, приставленной к глотке сбоку. Поэтому если даже сильно открыть рот, то голосовые связки простым глазом увидеть не удастся: они спрятаны за корнем языка в глубине глотки. К тому же они плохо освещены, что вносит дополнительную трудность при попытках их увидеть.

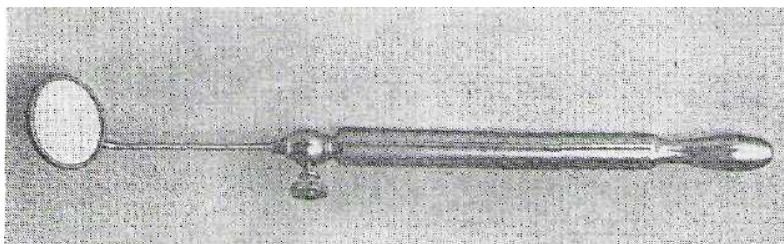


Рис. 9. Ларингоскоп, при помощи которого врачи осматривают голосовые связки.

Ларингоскоп Гарсиа — это замечательное по своей простоте и эффективности приспособление — одновременно решает обе трудности: делает голосовые связки доступными для наблюдения простым глазом и одновременно их освещает. В сущности, ларингоскоп — это элементарный перископический прибор: маленькое круглое зеркальце на длинной и тонкой рукоятке вводится в глотку человека под таким углом к осп зрения наблюдателя, чтобы в нем отразились голосовые связки. Для освещения же голосовых связок на них направляется пучок света, отраженного опять-таки ларингоскопом от электролампочки (рис. 10).

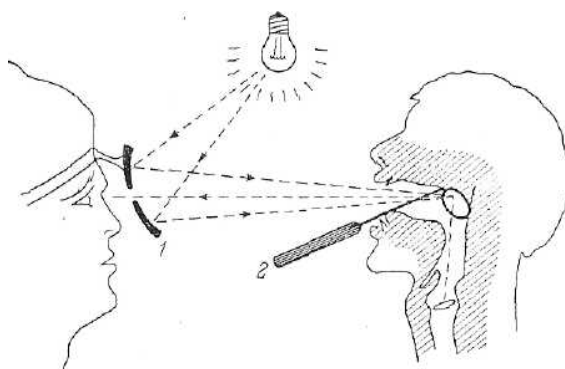


Рис. 10. Схема ларингоскопии.

1 — сферическое лобное зеркало врача (рефлектор), при помощи которого луч света от электролампочки направляется на ларингоскоп и на голосовые связки (пунктирная линия); в центре рефлектора небольшое отверстие, служащее врачу для наблюдения голосовых связок; 2—рукоятки ларингоскопа.

Наблюдение голосовых связок при помощи ларингоскопа не дает, однако, возможности проследить их колебания, так как частота колебаний настолько велика, что для нашего глаза колеблющиеся края голосовых связок, как спицы в быстро вращающемся колесе, сливаются в сплошное размытое изображение.

На помощь ученым вслед за ларингоскопом пришел стробоскоп. Принцип стробоскопа состоит в освещении быстро вращающегося или часто колеблющегося тела прерывистыми пучками света. Если освещать голосовые связки короткими вспышками

света в одной и той же фазе их колебаний, например при полном смыкании, то благодаря инертности нашего органа зрения мы увидим голосовые связки как бы остановившимися в этом сомкнутом состоянии. Короткие, часто следующие друг за другом, пучки света как бы останавливаются для нашего взора колеблющееся тело в такой фазе колебаний, в какой они его освещают. Другие же, неосвещенные фазы колеблющегося тела для глаза как бы пропадают, не существуют, т. е. создается иллюзия состояния покоя на самом деле движущегося предмета.

Легко понять, что для создания иллюзии неподвижности необходимо абсолютно точное совпадение частоты колебаний тела с частотой световых вспышек. Если же последняя хоть немного будет отличаться от частоты колебаний наблюдаемого предмета, то каждая новая вспышка света будет освещать предмет уже в фазе, несколько отличной от предыдущей, и мы увидим очень медленные и плавные колебания тела. Благодаря этому стробоскоп позволяет нам не только «останавливать» для нас глаза быстро колеблющийся предмет, но и как угодно «замедлять» его колебания. Как легко видеть, степень этого замедления обратно пропорциональна разности частот колебания связок и их освещения.

Для достижения прерывистости света в различных конструкциях стробоскопов применяются разные приспособления. В наиболее ранних моделях луч света, падающий на лобный рефлектор наблюдателя, прерывался при помощи вращающегося диска с прорезями, помещенного на пути светового луча. При вращении диск наподобие сирены издает звук, по частоте соответствующий числу прерывов света в секунду. Исследуемый певец, для того чтобы его голосовые связки можно было увидеть «остановившимися», при стробоскопировании должен петь звук точно такой же высоты. Практически же оказывается, что никто из певцов, даже обладателей «абсолютного слуха», не в состоянии абсолютно точно выдержать высоту звука стробоскопической сирены в течение хотя бы 10 сек. Абсолютно точное подражание звуку сирены-диска, или, как назвал это состояние профессор В. Г. Ермолаев, «стадия стробоскопического комфорта», длится не более 1—2 сек., после чего певец начинает фальшивить.

В состоянии же утомления ни один певец не в силах продемонстрировать стадию стробоскопического комфорта даже хотя бы на 1 сек.

Кстати говоря, таким образом был обнаружен один из многих парадоксов вокального искусства — неабсолютность активного абсолютного музыкального слуха. Неточность интонирования заданного звука может быть вызвана как неточностью слухового контроля, так и погрешностью воспроизведения.

Нарушения «стробоскопического комфорта» тем более выражены, чем более неисправлен голосовой аппарат (утомлен или болен). На этом основании врачи намечают даже несколько стадий стробоскопической картины, по которым они судят о состоянии голосового аппарата.

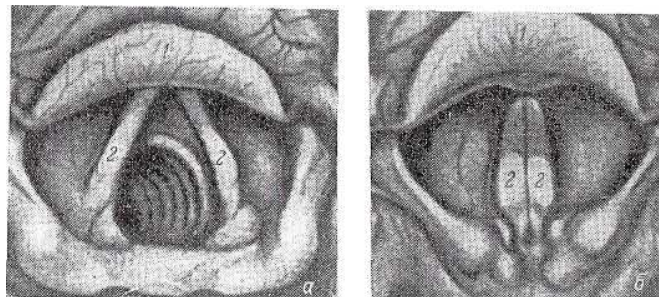


Рис. 11. Картина гортани человека, наблюдаемая в ларингоскоп, во время вдоха (а) и во время фонации (б).
1 — надгортанник 2 — края голосовых связок.

В последнее время получили распространение электронные стробоскопы. Диск-сирена в них отсутствует. Певец может петь при стробоскопировании любую удобную для него ноту, не подлаживаясь под заданный звук сирены, а голосовые связки его все равно будут освещаться прерывистыми импульсами света от неоновой или импульсной газоразрядной лампы-вспышки, подобно той, которая употребляется фотографами. Частота же вспышек лампы-вспышки в электронном стробоскопе управляется автоматически колебаниями самих голосовых связок. Для этого к гортани певца прикладываются миниатюрные микрофоны (ларингофоны), которые регистрируют частоту колебаний голосовых связок. Сигнал от ларингофонов поступает в усилитель и управляет частотой разрядов лампы-вспышки.

Таким образом, какую бы ноту певец, не пел, в электронном стробоскопе всегда будет наблюдаться стадия «стробоскопического комфорта» — полная неподвижность голосовых связок.² В приборе, однако, имеется приспособление, позволяющее искусственно смещать фазы освещения и тем самым как угодно «замедлять» колебания голосовых связок. Благодаря этому приспособлению электронный стробоскоп незаменим при стробоскопировании лиц, не умеющих подражать звуку стробоскопической сирены (отсутствие активного музыкального слуха).

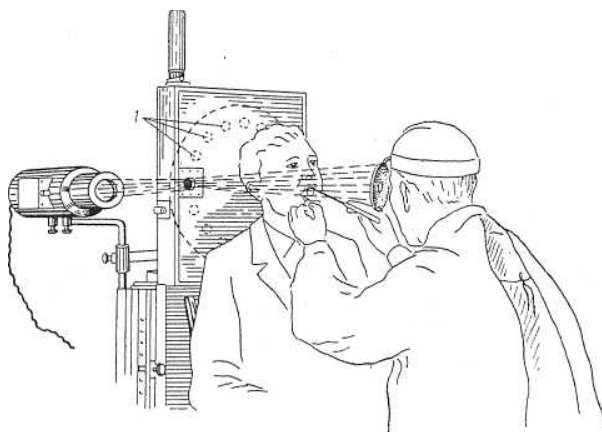


Рис. 12. Процедура ларингостробоскопии.
1 — диск стробоскопа с отверстиями

Огромное количество русских и зарубежных исследователей посвятили многие годы работе со стробоскопом. Прибор этот и в настоящее время является не только важным средством научного исследования колебаний голосовых связок, но и аппаратом для диагностики заболеваний голоса.

Если же говорить о недостатках стробоскопии, то это прежде всего — известная зависимость полученных данных от субъективных свойств наблюдателя: ведь сам-то он хотя и видит колебание голосовых связок, все же не измеряет их, а оценивает, как говорится, на глазок. А уж если говорить о стадиях нарушения голосовой функции, т. е. об отклонениях от нормы, то, конечно, лучше всего говорить языком цифр. Цифры же можно получить только путем измерения.

Поэтому дальнейшее усовершенствование методики исследования голосовых связок шло по пути все большей объективизации получаемых данных. Уже такое простое приспособление, как нанесение миллиметровой шкалы на ларингоскопическое зеркало (предпринятое, правда, вскоре после изобретения ларингоскопа), позволило точно измерить длину голосовых связок. При этом оказалось, что чем выше голос, тем короче голосовые связки: у баса их длина около 2.5 см, у тенора 1.7—2.0 см, а у сопрано примерно 1.5 см.

Ученые давно задумывались, как бы записать колебания голосовых связок на движущуюся ленту. Осуществить это, однако, долго не удавалось, и лишь в сравнительно недавние годы развитие техники позволило создать приборы для объективной регистрации колебаний голосовых связок человека во время фонации.

В 1959 г. ленинградские исследователи А. В. Хохлов и Ю. Н. Петров создали прибор, который они назвали эндоларингограф, для записи формы колебаний голосовых связок на осциллографе. Для этого они в ларингоскопическое зеркало вмонтировали миниатюрное фотосопротивление, а к горлу исследуемого человека, чуть ниже гортани, приставили сильный источник света. Свет проникал через ткани тела в подвязочное пространство и как бы слегка освещал голосовые связки снизу. Если голосовые связки сомкнуты не плотно, то часть отраженного света пройдет через голосовую щель и осветит расположенное под голосовыми связками фотосопротивление, которое исследователь вводит певцу в рот вместе с ларингоскопом, как при обычном ларингоскопическом осмотре гортани. Как легко видеть, при этих условиях степень освещения фотосопротивления будет зависеть от ширины просвета между голосовыми связками, а изменение этого просвета при колебании голосовых связок вызовет соответствующие колебания электрического тока, проходящего через фотосопротивление, эти колебания и регистрируются на шлейфном осциллографе.

Таким образом, при помощи эндоларингографа Хохлова—Петрова можно не только сосчитать частоту колебаний голосовых связок, но и определить форму их колебаний, которая, как оказалось, зависит от типа фондируемой гласной, силы голоса, высоты ноты и т. д. Известным недостатком эндоларингографа, так же как и ларингоскопа и стробоскопа,

является все же необходимость введения в ротовую полость исследуемого певца постороннего предмета — ларингоскопа, несомненно нарушающего естественность условий фонации. Кто нам даст гарантию, что при произношении гласной «а» голосовые связки без введения ларингоскопа колеблются точно так же, как и с ларингоскопом?

На борьбу с этим немаловажным недостатком всех ларингоскопических методик выступил французский ученый Филипп Фабр. В 1957 г. ему удалось зарегистрировать колебания голосовых связок без всякого применения ларингоскопа. Его прибор основан на принципе регистрации сопротивления гортани (в поперечном направлении) к токам высокой частоты,

По бокам гортани располагаются небольшие электроды, которые излучают токи высокой частоты, так же как известные в медицине физиотерапевтические приборы, называемые УВЧ. УВЧ, как известно, служит для прогревания глубоко расположенных тканей тела токами высокой частоты. Электроды же в приборе Фабра излучают слабые токи, которые практически не дают никакого нагревания тканей и не ощущаются исследуемым человеком.

Интенсивность излучения тока электродами прибора Фабра зависит от сопротивления тканей между электродами, т. е. от сопротивления гортани. Это сопротивление в свою очередь зависит от плотности смыкания голосовых связок между собой. Ввиду этого колебания голосовых связок неизбежно породят соответствующие и пропорциональные колебания электрического тока в приборе Фабра, зарегистрировать которые уже не представляет труда.

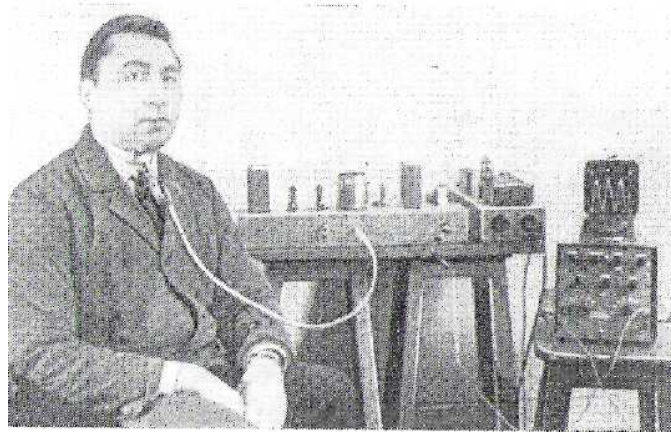


Рис. 13. Измерение частоты колебаний голосовых связок при помощи прибора Ф. Фабра.

Если нас не интересует точная форма колебаний голосовых связок, а только их частота, то мы можем обойтись и без прибора Фабра. Поскольку гортань во время фонации вибрирует (дрожит), и частота этой вибрации в точности соответствует колебаниям голосовых связок, то можно пойти по пути измерения вибрации гортани при помощи виброчувствительных элементов — вибродатчиков. Эти вибродатчики легко изготовить из кристаллов пьезоэлектриков или на электромагнитном принципе. Для этой же цели вполне применимы все виды ларингофонов.

Частоту колебаний голосовых связок также можно подсчитать по осциллограмме звука, записанного с помощью обычного микрофона. Поскольку же в звуке голоса содержится много обертонов, то для подсчета основного тона лучше его выделить, т. е. очистить от обертонов, применяя специальные электрические фильтры.

Применяя все эти многочисленные приборы для измерения частоты колебания голосовых связок, исследователи вывели у природы очень многие гайны образования человеческого голоса. Об одной из таких тайн расскажем подробнее.

Рождение новой теории

О том, что голос человека образуется в гортани, люди знали еще со времен Аристотеля и Галена. Однако долгое время механизм образования звука в голосовом аппарате оставался неясным. Лишь после изобретения ларингоскопа и классических работ М. Гарсиа стало известно, что звук голоса есть результат периодического вибрирования краев голосовых связок, происходящего под действием воздушной дыхательной струи.

Сто лет, прошедшие со времен Гарсиа, почти ничего не внесли нового в трактовку этого механизма. Откройте любой учебник физиологии на странице, где дается описание работы голосового аппарата, и вы найдете традиционное описание этого механизма: голосовые связки представляют собой упругие мышечные валики (или язычки). К моменту начала фонации они сближаются и плотно смыкаются. Однако под действием возрастающего воздушного давления в легких голосовые связки в какой-то момент расходятся, часть воздуха в этот момент прорывается между ними через образовавшуюся узкую щель. Вследствие этого давление в подсвязочном пространстве падает, голосовые связки под действием эластических сил смыкаются вновь, далее давление вновь их раздвигает и процесс смыкания и размыкания голосовых связок, т. е. их вибрирование, становится периодическим. В качестве активной действующей силы в этом процессе выступает напор воздушной дыхательной струи. Голосовые же связки, по этой теории, вибрируют пассивно под действием проходящего воздуха, подобно тому как, например, колеблется флаг на ветру или, еще точнее, как колеблются стальные язычки гармонiuма. Поскольку в таком представлении механизма фонации происходит постоянное противоборство силы воздушного подсвязочного давления с упругими силами, сближающими голосовые связки, то старые методисты называли процесс образования голоса термином «голосовая борьба». Термин этот довольно часто встречается в руководствах по пению. В современных исследованиях этот механизм образования голоса нередко именуется миоэластической теорией (мио — мышца, эластический — упругий). По этой теории механизм регулирования высоты голоса объясняется так: чем сильнее натягиваются и сжимаются голосовые связки, тем больше частота их колебания, тем выше голос. И наоборот, чем слабее натяжение голосовых связок, тем ниже звук голоса. Многие из духовых музыкальных инструментов с колеблющимися язычками могут служить хорошим подтверждением этой теории.

Вместе с тем теория «голосовой борьбы», объясняющая механизм образования живого голоса, не могла объяснить многие особенности этого процесса у человека. В частности, было неясно, как певцы могут выдерживать одну и ту же высоту основного тона голоса при изменении силы подсвязочного давления или ухищряются довольно точно

интонировать при неполном смыкании голосовых связок. Загадкой оставались и многие заболевания голосового аппарата из числа так называемых функциональных расстройств, при которых голосовые связки смыкаются довольно плотно и хорошо, но звука при этом не образуется (афония).

Все эти и многие другие ранее непонятные явления в голосовом аппарате человека недавно стали объяснимы в свете новых экспериментальных данных, полученных французским ученым Раулем Юссоном (Husson, 1960, 1962). На смену старой миоэластической теории голосообразования Юссон выдвинул новую, так называемую нейромоторную теорию, сущность которой состоит в следующем: голосовые связки человека колеблются не пассивно под действием проходящего тока воздуха, а, как и все мышцы человеческого тела, сокращаются активно под действием приходящих из центральной нервной системы импульсов биотоков. По старой теории, воздух колеблет голосовые связки, а по новой — голосовые связки колеблют воздух: периодически сокращаясь, они прерывают проходящий через них воздушный поток, образуя этим самым звуковые колебания.

Впервые Юссону удалось экспериментально обосновать свою теорию еще в 1950 г. в опытах на животных, а позднее и на человеке. Бывают такие заболевания, когда в интересах спасения жизни больного ему приходится удалять гортань. Во время одной из таких операций Юссон вместе со своими сотрудниками и проделали свой эксперимент. Они обнажили двигательный (возвратный) нерв гортани, по которому к голосовым связкам поступают импульсы из центральной нервной системы, и приложили к этому нерву специальные электроды, позволяющие зарегистрировать на осциллографе частоту и форму биотоков нерва, подобно тому как регистрируется электрокардиограмма при исследовании болезни сердца. На экране этого же прибора регистрировался также и звук голоса больного в виде осциллограммы. Таким образом, можно было легко измерить и сравнить частоту нервных импульсов, поступающих к голосовым связкам по возвратному нерву, и частоту основного тона голосовых связок при произнесении человеком звуков (рис. 14).

В результате опыта оказалось, что частота нервных импульсов, идущих к голосовым связкам, и частота основного тона голоса совпадают. Но ведь каждый нервный импульс, идущий по нерву к голосовым связкам, вызывает их сокращение. Значит, сколько импульсов пришло к голосовым связкам в единицу времени, столько раз голосовые связки и сократятся. Это означает, что частота колебания голосовых связок регулируется не током воздуха, как думали раньше, а импульсами из центральной нервной системы, т. е. старая теория «голосовой борьбы» неверна.

Чтобы убедиться в справедливости этих важных выводов, Юссон вместе со своими сотрудниками проделал много и других интересных опытов. В частности, были поставлены опыты с одновременной регистрацией биотоков мышц самих голосовых связок и звука голоса, опыты с искусственным раздражением двигательного нерва голосовых связок, а также опыты с непосредственным фотографированием движений голосовых связок во время фонации при помощи киноаппарата. Фотографирование осуществлялось опять-таки во время операции на гортани, когда голосовые связки обнажались и через раневое отверстие в горле были хорошо видны снаружи. Для того чтобы больной во время подобной операции мог дышать, ему делается трахеотомия, т. е. в трахею чуть ниже гортани вставляется трубка, через которую и поступает воздух в легкие во время вдоха и выходит при выдохе.

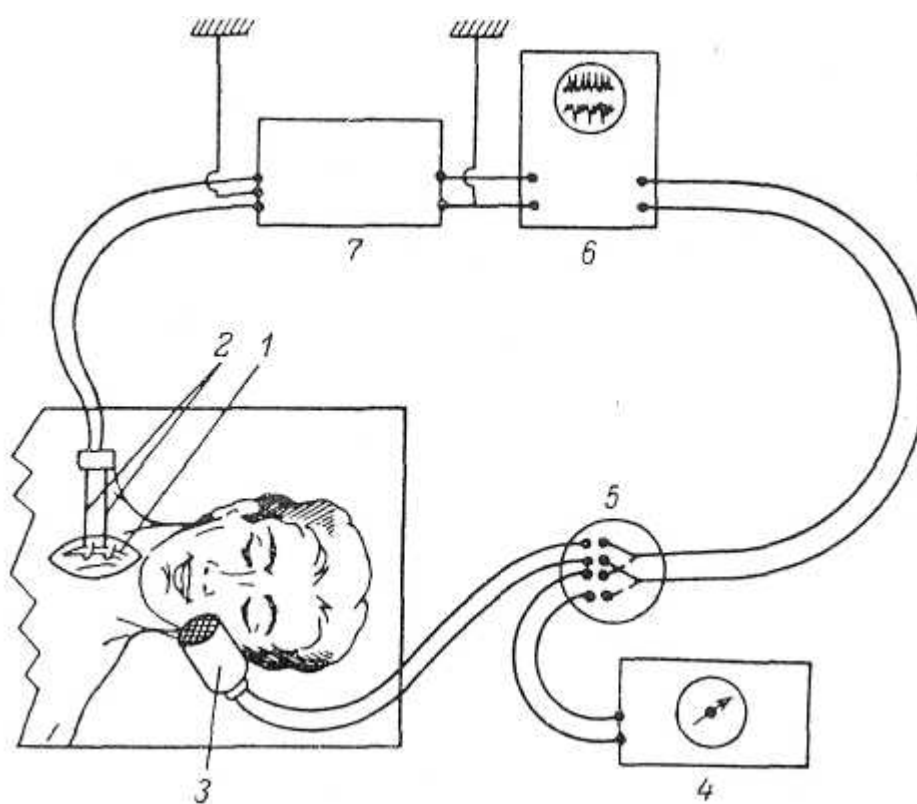


Рис. 14. Схема опыта Р. Юссона - А. Мулонге.

1 — возвратный нерв гортани; 2 — воспринимающие электроды; 3 — микрофон; 4 — калибратор; 5 — переключатель; 6 — двух-канальный катодный осциллограф; 7 — усилитель биотоков нерва.

Во время одной из таких операций в отоларингологической клинике города Лилля была получена очень любопытная подробность, много рассказавшая о природе голоса человека. Больного попросили произнести несколько звуков (подобные операции часто делаются под местным наркозом), и в тот момент, когда он их произносил, ясно увидели колебание голосовых связок, несмотря на то что у больного была сделана трахеотомия, так что воздух к голосовым связкам не поступал, а через трубку выходил наружу. Анализ киноленты позволил

убедиться, что колебания голосовых связок происходили со звуковой частотой, но при этом совершенно беззвучно.

Эти опыты очень важны, так как, с одной стороны, они подтверждают активную природу колебания голосовых связок человека (теорию Р. Юссона), а с другой — все же убедительно доказывают, что для образования звука голосовые связки обязательно нуждаются в токе воздуха. Недаром же природа позаботилась о том, чтобы поместить наши голосовые связки как раз на пути воздушного потока.

Третья Функция голосовых связок

Дальнейшие опыты заключались в том, чтобы выяснить, из каких же отделов центральной нервной системы происходит регулирование частоты колебаний голосовых связок.

Было установлено, что регулирующие импульсы к голосовым связкам при обычной разговорной речи поступают из среднего мозга, а в ряде случаев — из продолговатого. Частота этих импульсов находится в большой зависимости от эмоционального состояния человека (при возбуждении мы непроизвольно повышаем голос) и от деятельности желез внутренней секреции (у женщин голос на целую октаву выше, чем у мужчин). Если же человек начинает петь, то, по данным Юссона, регулирование высоты основного тона (мелодии песни) начинает осуществляться уже не подкорковыми образованиями, а корой головного мозга.

Итак, новая теория французского ученого утверждает, что природа колебания голосовых связок человека принципиально отличается от природы механического колебания упругих тел, т. е. классическая аналогия колебания голосовых связок с колебаниями упругих тел (миоэластическая теория) несправедлива, связки колеблются, как и все мышцы нашего тела, под действием ритмических импульсов, поступающих со звуковой частотой из центральной нервной системы. Юссон утверждает, что эти нервно-мышечные силы, заставляющие связки колебаться, примерно в десять раз больше сил аэродинамического происхождения (т. е. сил, создаваемых подсвязочным давлением). Это обстоятельство, по мнению автора новой теории, обеспечивает полную независимость высоты основного тона от подсвязочного давления воздуха. Вот почему, по мнению Юссона, хорошие певцы на одной и той же ноте могут петь и форте и пиано, сохраняя при этом точность интонации.

Приняв точку зрения Юссона, можно легко объяснить, почему при некоторых болезнях голоса (афонии) функция смыкания голосовых связок не нарушена при полном отсутствии голосовой функции (вибрирование голосовых связок). Как уже говорилось, старая теория это объяснить была не в состоянии.

История фониатрии (науки о лечении голоса) знает немало случаев внезапной потери голоса (от испуга, шока и т. д.) при полном сохранении дыхательной и защитной функций гортани. Певцы нередко «теряют голос» не на всем диапазоне, а на каких-то отдельных нотах. Вообще голосовые связки певцов часто ведут себя совершенно загадочно и необъяснимо с точки зрения старой миоэластической теории. При стробоскопии вдруг обнаруживается, что левая связка колеблется с частотой несколько большей или меньшей, чем правая. Может даже оказаться, что при пении одна из голосовых связок вовсе не вибрирует, т. е. певец «работает» всего лишь одной голосовой связкой.

Все эти факты, довольно часто наблюдаемые врачами-фониатрами, что называется, льют воду на мельницу Юссона. Но, как мы увидим дальше, природа, ревниво охраняющая свои тайны, задала еще не один каверзный вопрос теории Юссона.

Теория Юссона имеет не только прикладное, но и научно-теоретическое значение. Раньше физиологи различали в основном две функции гортанных мышц: 1) функцию разведения в стороны голосовых связок (при вдохе) и 2) замыкательную функцию, одну из самых древних в истории развития живых организмов — защитную функцию дыхательных путей. Считалось, что голосовая функция — более поздняя в эволюционном отношении — развилась на базе более древней замыкательной функции гортанных мышц и представляет собой позднейшее приспособление замыкательной функции к фонационной.

Юссон этот вопрос рассматривает несколько иначе, а именно: голосовая функция человека — это принципиально новая в эволюционном отношении деятельность гортанных мышц, отличная от первых двух (Юссон называет ее третьей функцией). Выполняющие ее голосовые мышцы (*m. vocalis*) имеют особое происхождение и могут вибрировать совершенно независимо от того, сближены или разведены голосовые связки, имеется ли воздушное под-связочное давление или его нет.

По своему строению, иннервации и развитию у человека голосовые мышцы близко стоят к висцеральным мышцам (т. е. мышцам, выстилающим внутренние органы) и вместе с тем обладают целым рядом свойств произвольной телесной мускулатуры. Строение голосовой мышцы напоминает строение сердечной мышцы (сложное переплетение волокон, идущих в разных направлениях). При исследовании работоспособности этой мышцы физиологи были поражены ее неутомимостью и колоссальной устойчивостью к кислородному голоданию. При искусственном раздражении нерва голосовая мышца может работать без отдыха в течение многих десятков часов, в то время как для всех других мышц сроки работы в подобных условиях исчисляются минутами. Такая неутомимость и высокая устойчивость голосовой мышцы к кислородному голоданию говорит о чрезвычайной экономичности биохимических процессов в мышце при ее работе. Как уже упоминалось, голосовая мышца очень чувствительна к гормонам (выделениям желез внутренней секреции), а кроме того, обладает поразительной, молниеносной быстротой

реагирования на раздражения, не имея себе равных в этом отношении среди других мышц нашего тела.

Все эти особенности голосовой мышцы, еще не вполне изученные, делают ее интереснейшим объектом для исследования физиологов и биохимиков.

Если в природе попытаться поискать подтверждение теории Юссона, то прецедент можно найти в мире насекомых. Как показано исследованиями Н. Н. Свидерского (1963) в лаборатории профессора А. К. Воскресенской в Институте эволюционной физиологии и биохимии имени Сеченова АН СССР, а также некоторыми зарубежными исследователями, звуковые мышцы цикад сокращаются с поразительной частотой (до нескольких сот герц), причем каждое отдельное сокращение есть результат нервного импульса, пришедшего к этой мышце по двигательному нерву. Иначе говоря, их звуковая деятельность осуществляется в точности по принципу «третьей функции Юссона».

Прав ли Рауль Юссон?

Вот уже семнадцать лет прошло со времени первых опытов Юссона, послуживших основанием к выдвижению новых взглядов на природу человеческого голоса. Его многочисленные сотрудники и последователи (А. Мулонге, А. Сулерак, Г. Портман, П. Лаже, И. Робен, Р. Роленс, Ф. Фабр и многие другие) продолжают находить все новые и новые доказательства справедливости его новой теории, но старая теория «голосовой борьбы» вовсе и не желает сдаваться. Наоборот, миоэластическая теория находит немало сторонников в лице довольно авторитетных специалистов из различных стран. Можно ли здесь заподозрить просто косность человеческого мышления, или есть причины посерьезнее?

Одним из главных аргументов, выдвигаемых противниками Юссона, является хорошо известный в физиологии факт, что частота проведения импульсов по нерву является ограниченной. Нерв может передавать сигналы с частотой не более 400—500 гц. Для выяснения этой особенности нервов много сделали физиологи Ленинградского университета Н. Е. Введенский, А. А. Ухтомский, П. О. Макаров (1947), Н. В. Голиков, М. И. Виноградов (1952), Л. Л. Васильев и их ученики. В чем же заключается причина ограниченных возможностей живых нервов?

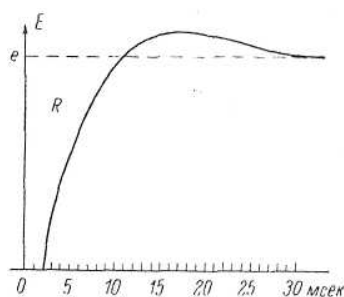


Рис. 15. Кривая восстановления возбудимости нерва после раздражения (по А. А. Ухтомскому). По вертикали — уровень возбудимости нерва (E), по горизонтали — время от начала раздражения нерва в миллисекундах; e — уровень нормальной возбудимости нерва; R — рефрактерная фаза нерва.

Оказалось, что при проведении импульсов биотоков в нерве происходят сложнейшие биохимические процессы. Нерв «работает» и, как всякая живая система, нуждается в отдыхе для восстановления своих энергетических ресурсов. Этот отдых нерв «желает» получать сразу же после проведения очередного импульса возбуждения. Итак, вслед за возбуждением нерва наступает фаза его полного безразличия к раздражению (так называемая рефрактерная фаза) (рис. 15). Во время этой паузы, длящейся для самых «высокочастотных» нервов около 0.002—0.0015 сек., а для других нервов еще более длительный срок, нерв заторможен, он совершенно не реагирует на адресованные ему раздражения, т. е. «отдыхает». Легко подсчитать, что если рефрактерная фаза длится 0.002 сек., то нерв сможет провести не более 500 импульсов в секунду. Это максимальное число импульсов, способных передаваться по нерву, Н. Е. Введенский назвал лабильностью нерва, или его функциональной подвижностью.

Как известно, им пульсы, бегущие по нерву, нерв обязан передать работающей мышце, а та должна на каждый из них отреагировать отдельными сокращениями. Опыты показали, что лабильность системы нерв—мышца оказывается еще более низкой, чем лабильность нерва.

Между тем мы знаем, что при пении самых высоких нот голосовые связки тенора (например, на верхнем do второй октавы) колеблются с частотой 523 гц, у сопрано (на do третьей октавы) совершают 1047 колебаний в секунду, а у Имы Сумак могут колебаться с частотой более 2000 гц. Зная наперед это возражение, Юссон находит ему объяснение. Он считает, что при передаче импульсов из центров головного мозга к голосовым связкам двигательный нерв, содержащий много отдельных самостоятельных волокон, может как бы делиться на отдельные части (пучки), каждая из которых работает в своем ритме. Так, например, если частота колебаний голосовых связок менее 500, то все волокна двигательного нерва работают вместе. Если необходимо передать частоту от 500 до 1000 гц, нерв делится на две части, каждая из которых работает в ритме 500 (или менее), но по одной из частей импульсы передаются с опозданием на полпериода, так что к голосовой мышце импульсы приходят с частотой в два раза большей, т. е. 1000 гц (или менее). Если необходимо передать частоту еще большую, например 1200, то нерв

функционально делится на три части, каждая из которых несет к голосовым связкам ритм 400 гц. Основываясь на экспериментальных данных, Юссон допускает, что рекуррентный нерв способен делиться функционально даже на 4 части, что обеспечивает возможность передачи импульсов с частотой до 2000 гц (рис. 16).

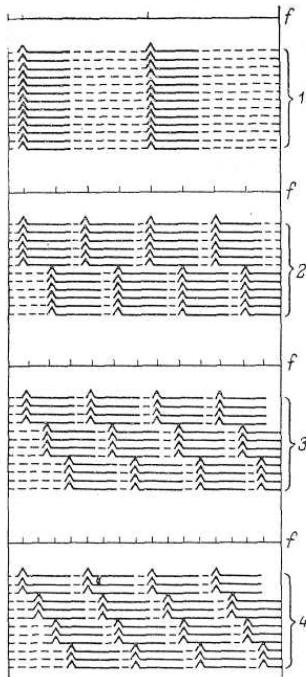


Рис. 16.

Функциональная многофазность нерва, обеспечивающая передачу по нерву раздражения большой частоты (по Р. Юссону, 1962).

1 — однофазный режим работы нерва — все волокна нерва возбуждаются одновременно,

2 — двухфазный режим — нерв делится функционально на две части, одна из которых передает возбуждение с опозданием на полпериода относительно другой;

3 — трехфазный режим — деление нерва на три части с опозданием передачи возбуждения по каждой части на одну треть периода;

4 — четырехфазный режим, обеспечивающий самую высокую частоту передачи возбуждения; f — число нервных импульсов, передаваемых по нерву в единицу времени на каждом из режимов его работы.

Следует сказать, что такой механизм передачи импульсов высокой частоты в физиологии уже известен для слухового нерва. Ведь слуховой нерв также не является исключением и не может проводить более 500 гц, но звуки мы слышим с частотой до 15 000—20 000 гц. Полагают, что это обеспечивается функциональной многофазностью слухового нерва.

Многофазностью работы двигательного нерва голосовых связок Юссон объясняет один из секретов певческого мастерства — регистровое строение голоса. Он считает, что при переходе от грудного регистра к головному (у мужчин это происходит на нотах ге—501, т. е. на частотах примерно 300—390 гц) как раз и происходит смена регистра, приводящая к изменению тембра голоса у неопытных певцов и совершенно незаметная у мастеров пения.

К сожалению, здесь не представляется возможности обсудить все «за» и «против» теории Юссона, поскольку дискуссия среди ученых длится уже 17 лет и каждый год приносит все новые и новые доводы с обеих сторон. Однако в интересах справедливости, выслушав доводы «за», стоит выслушать и некоторые доводы «против».

Известный шведский акустик Г. Фант (1964) на основании математических расчетов, опытов на людях и анализов рентгенокинограмм речевого аппарата в действии приходит к заключению, что все многообразие форм колебания голосовых связок можно получить исходя только из учета их миоэластических свойств и аэродинамического эффекта Бернулли, возникающего при движении воздуха между связками. Советские исследователи В. И. Медведев, Л. Н. Савина, Н. Б. Суханова (1959) и ряд других в опытах на животных обнаружили, что синхронизм раздражающей частоты и ответов голосовых связок наблюдается приблизительно лишь до 100 гц, а при более высокой частоте раздражения голосовая связка животного впадает в состояние сплошного натяжения, так называемого тетануса.

В споре рождается истина

Большинство оппонентов Юссона проводило опыты на животных (собаки, кошки). Сложность, однако, здесь заключается в том, что результаты не всякого опыта можно механически перенести на человека, поскольку человеческая голосовая мышца обладает целым рядом отличительных свойств. На эти отличительные свойства и ссылается Юссон, выдвигая свою теорию. Подобные же опыты на людях могут быть проведены лишь в исключительных случаях, во время вынужденной операции на гортани, да и то с согласия больного.

Тем не менее все же есть основание считать, что регулирование частоты колебаний голосовых связок у человека—процесс довольно сложный, в котором при всех условиях роль миоэластических сил и давления воздуха вряд ли стоит игнорировать. Еще в прошлом столетии немецкому физиологу И. Мюллеру удалось показать, что высоту тона, издаваемого изолированной гортанью человека, можно варьировать принципиально двумя путями: силой натяжения голосовых связок при постоянном давлении воздуха и силой подсвязочного давления воздуха при постоянном натяжении связок. Почему бы эти простейшие механизмы не могли быть использованы природой для регулирования высоты основного тона голоса и в живом организме? Для выяснения вопроса о роли воздушного давления были поставлены следующие опыты (Медведев, Морозов, 1966).

В то время, когда певец фонировал ноту, давление воздуха в его ротовой полости искусственно изменялось при помощи специального устройства. Величина этого давления и частота колебаний голосовых связок регистрировались на осциллографе. Как видно на осциллограмме, несмотря на то что певцу давалась инструкция сохранять высоту ноты неизменной, основной тон голоса его все же произвольно повышался или понижался в зависимости от давления в ротовой полости (рис. 17). Искусственное увеличение давления во рту приводило к понижению частоты основного тона вплоть до полной остановки колебаний голосовых связок, а уменьшение давления — вновь к повышению основного тона голоса. При этом было установлено, что чем менее опытен певец, тем более «гуляет» у него частота основного тона при искусственном изменении давления в ротовой полости.

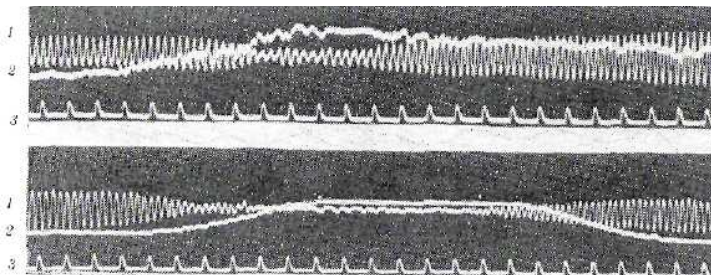


Рис. 17. Непроизвольное изменение частоты колебаний голосовых связок человека в зависимости от величины воздушного давления в ротовой полости.

- 1 — осциллограмма частоты колебаний голосовых связок;
2 — уровень искусственно изменяемого воздушного давления в ротовой полости (движение кривой вверх соответствует увеличению давления);
3 — отметка времени через 0.02 сек

Наконец, в другой серии опытов условие полной естественности фонации совершенно не нарушалось. Певцам давалось задание при пении поты определенной высоты самим периодически изменять, т. е. уменьшать или увеличивать силу подсвязочного давления, стараясь при этом совершенно не изменить высоту основного тона голоса. Сила голоса при этом также изменялась от форте до пиано. Как сила голоса, так и частота колебаний голосовых связок певца непрерывно регистрировались и измерялись специальными устройствами. На графике (рис. 18) хорошо видно, что при волнообразном изменении силы голоса, а следовательно, и давления в легких, частота колебаний голосовых связок также произвольно изменяется (правда, в небольших пределах), несколько повышаясь с увеличением силы голоса и понижаясь с уменьшением подсвязочного давления.

Этот факт хорошо известен из житейского опыта: в обычной разговорной речи разве мы не повышаем основной тон голоса, когда хотим крикнуть громче и, наоборот, не

понижаем звук при тихом разговоре? Недаром же человеку, начинающему говорить громко, говорят: «Не повышай голоса!».

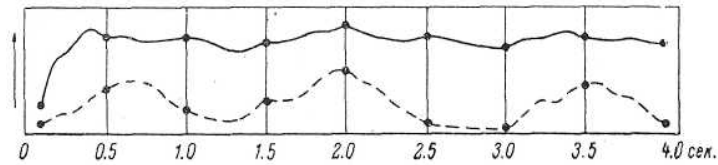


Рис. 18.

Изменение частоты колебаний голосовых связок человека при изменении силы голоса. Сплошная линия — частота основного тона; прерывистая — сила голоса в условных единицах; стрелка — направление усиления голоса и увеличения частоты основного тона; по горизонтали — время от начала фонации (в сек.).

Само собой разумеется, что если бы частота колебаний голосовых связок человека совершенно не зависела от давления (точнее, от разности подсвязочного и надсвязочного давления), то подобных изменений в колебаниях связок мы бы не обнаружили. Однако они обнаруживаются, и проследить это можно на многих других примерах.

Если певцу дать задание пропеть все ноты — от самой низкой до самой высокой — голосом одинаковой силы, например форте, то можно ручаться, что ни один певец не выдержит силу голоса на всех нотах одинаковой. Самые низкие ноты он споет намного тише, чем самые высокие (см., например, рис. 6). Многочисленные исследования говорят, что произвольное увеличение силы голоса по мере повышения тона носит у певцов характер закономерности. Таким образом, для того чтобы спеть низкие ноты, певец должен обязательно уменьшить силу давления в легких. В то же время увеличение подсвязочного давления помогает певцу взять высокие ноты. Правда, певец может в определенных пределах изменять силу голоса, не изменяя его высоты, но пределы эти все же ограничены: в широких пределах высота голоса зависит от силы, так же как и сила от высоты.

Приведенные опыты и наблюдения хотя и не являются прямым противоречием основной идее Юссона о центральной нейромоторной природе колебания голосовых связок человека, все же заставляют осторожно отнестись к его высказываниям о полной независимости частоты колебаний голосовых связок от подсвязочного воздушного давления.

Голосовой аппарат — это живой акустический прибор, и, следовательно, кроме физиологических законов, он подчиняется еще и всем законам акустики и механики. А обратившись к музыкальной акустике, мы видим, что высота тона музыкальных инструментов регулируется простым натяжением струны или варьированием размеров колеблющихся язычков (Константинов, 1939). Высота звука некоторых свистков (f_0) определяется зависимостью $f_0 = k\sqrt{p}$, где p — величина воздушного давления, k — коэффициент пропорциональности. Есть данные о том, что и частота колебания голосовых связок человеческой гортани (при прочих равных условиях) также определяется именно этим соотношением (Фант, 1964). Далее, мы видим, что чем короче голосовые связки певца, тем выше его голос. Кроме того, у басов голосовые связки в два с половиной раза толще, чем у сопрано. По исследованиям Л. Б. Дмитриева, размеры резонаторов у певцов с низкими голосами закономерно больше, чем у певцов с высокими голосами (Дмитриев, 1955). Не связана ли вся эта механика с высотой голоса? Несомненно, это так!

Факты говорят, что акустико-механические закономерности регулирования частоты колебания голосовых связок бесспорно имеют место и в живом организме, и сбрасывать их со счета вряд ли будет справедливо. Даже если быть к Юссону крайне доброжелательным и целиком признать наличие «третьей функции» голосовых связок человека, то все же нет оснований думать, что эта «третья функция» является единственным монопольным регулятором частоты колебаний связок. Голосовой аппарат человека является исключительно сложным прибором и, как всякий сложный аппарат, он, как видно, имеет не один, а несколько в известной мере независимых друг от друга механизмов регулирования, управляемых центральной нервной системой. Этим обеспечивается удивительная точность и надежность работы голосового аппарата в очень разнообразных условиях.

Этими доводами, однако, ничуть не умаляется роль центральной нервной системы в регулировании голосовых связок. Наоборот: нужно подчеркнуть, что регулирование всех миоэластических и механических свойств голосовых связок (степени их натяжения, смыкания, плотности и т. д.) и аэродинамических условий в гортани (регулирование подсвязочного давления и т. п.) целиком осуществляется центральной нервной системой. Нервная система заведует всей этой акустикой и механикой. Помогают центральной нервной системе в этом сложнейшем процессе многочисленные чувствительные образования (проприорецепторы и барорецепторы), посылающие к нервным центрам

информацию о степени сокращения разнообразных мышц гортани и всего дыхательного тракта, а также о степени давления воздуха в легких и трахее. Роль этих внутренних чувствительных образований (рецепторов) в регулировании голосовой функции хорошо выявлена в работах советских исследователей В. Н. Черниговского (1960), М. С. Грачевой (1963), М. В. Сергиевского (1950), В. И. Медведева с соавторами (1959), а также и в опытах самого Юссона.

Исследования Р. Юссона и его сотрудников несомненно имеют большое прогрессивное значение в развитии физиологии фонации: они привлекают внимание ученых к этой важной проблеме, стимулируют новые поиски и уже сегодня объясняют то, что трудно объяснимо со старых позиций. Несомненно полезен и большой научный спор вокруг новой теории, так как с каждым днем он приносит нам все новые и новые знания. В споре рождается истина.

Тенор или баритон?

Голоса певцов по звуковысотному диапазону делятся на несколько типов (басы, тенора, сопрано и т. д.). Правильное определение типа голоса имеет исключительно важное значение для певца, так как если он будет петь не своим голосом, то это грозит ему большими неприятностями, и в первую очередь — заболеванием голосового аппарата.

Однако на практике не всегда просто бывает определить тип голоса певца.

Важнейшим признаком, по которому в современной вокальной педагогике определяется тип голоса, признан тембр, или, как говорят педагоги «цвет голоса». Этот признак оказывается во многих случаях важнее даже диапазонного признака, так как мы знаем, что имеются, например, баритоны, берущие теноровые верха, но все же это баритоны. А если тенор (по тембру без сомнения) не имеет теноровых верхов, то не считать же его только поэтому баритоном, Профессор Ленинградской консерватории Е. Г. Ольховский советует такой прием: «Поставьте мысленно вашего сомнительного баритона, например в партии Онегина, в дуэте с хорошим тенором — Ленским. Если голос такого „Онегина“ почти не будет отличаться от голоса Ленского, то какой же это баритон?».

Существенным для характеристики типа голоса является несколько другой — диапазонный признак, а именно выдерживание тесситуры, соответствующей тому или иному типу голоса. Известно, что бывают такие теноровые, басовые или лирико-колоратурные партии, которые случайным тенорам, басам или колоратурным сопрано не спеть.

Многие педагоги в определении типа голоса ориентируются на расположение переходных нот у певца, а также не пренебрегают и мнением врача-фониста, судящего о характере голоса по строению гортани, голосовых связок или резонаторов. Ведь имеющиеся здесь исключения (например, Карузо имел басовые связки, а Собинов баритональные) только подтверждают это правило.

При измерении дикции вокалистов в зависимости от высоты ноты мы обнаружили, что более высокие по своей природе голоса сохраняют хорошую разборчивость вокальной речи на более высоких нотах, чем низкие голоса (см. об этом в главе «Законы дикции»), так что этот критерий «естественности артикуляции» также может быть причислен к признакам, характеризующим тип голоса. Вообще же многие авторы советуют руководствоваться в этом вопросе не каким-либо одним, а целым рядом признаков. Профессор М. С. Эрбштейн, например, насчитывает семь таких признаков, а профессор Ф. Ф. За-седателёв — девять. Иногда учитывают даже чисто внешние поведенческие и психологические признаки. Некоторые из них с юмором подметил еще писатель А. И. Куприн в рассказе «Певчий»: если тенор — худощавый молодой человек с меланхолическим выражением лица, франт и носит усы в иголочку, то бас — высок, грузен, важен и медлителен в движениях, говорит мало, но всегда веско и на густых потах.

При определении типа голоса нередко подводит и самый надежный критерий — тембровый, если взять его изолированно: ведь хорошо известно, что тембр изменяется. Например, сильно утомленные, «замученные» голоса имеют тенденцию звучать мягче, как то «жиже». Дайте такому голосу просто хорошо отдохнуть, не говоря уже о воспитании правильной техники, и он наполнится обертонами, зазвучит более насыщенно и т. д. Это говорит о важной роли времени в диагностике голоса. Не спешить, стараться посмотреть, куда пойдет голос в своем естественном развитии, советуют многие опытные педагоги.

Итак, определение типа голоса — дело сложное. Поэтому любой новый метод, добавляющий нам некоторую долю уверенности в суждении о типе голоса, естественно, вызывает заслуженный интерес. Один из таких ранее неизвестных методов и предложил недавно Рауль Юссон. Метод этот уже нашел применение в некоторых консерваториях Франции.

Новый метод определения типа голоса целиком основан на нейромоторной теории голосообразования. Если высота голоса, рассуждает Рауль Юссон, зависит от частоты нервных импульсов, передаваемых к голосовым связкам по двигательному нерву, то нельзя ли какими-либо физиологическими методами заранее определить способность этого нерва передавать частоту нервных импульсов? Такой метод нашелся, это — метод хронаксиметрии, предложенный в свое время соотечественником Юссона физиологом Лапиком.

Если к коже человека приложить плоские металлические электроды, подать на них слабый электрический ток и начать этот ток усиливать, то при некотором значении силы тока, проходящего через тело, человек почувствует едва заметный укол или жжение. Назвали эту пороговую силу тока (находящуюся на пороге ощущения и неоощущения при неограниченном времени воздействия) реоба-зой. Теперь возьмем и усилим реоба-зый ток ровно вдвое, но зато резко укоротим время его воздействия, например подействуем в течение одной миллионной доли секунды. Тогда, оказывается, человек снова тока не почувствует, и, чтобы достичь порога ощущения, мы должны будем увеличить время

воздействия этим током до некоторой величины. Вот это-то пороговое время, выражаемое обычно в тысячных долях секунды, или миллисекундах, и называется хронаксией и обозначается знаком chr . Как установлено физиологами, хронаксия нерва или мышцы в известной мере отражает способность этих возбудимых тканей передавать частоту импульсов раздражения: чем меньше хронаксия, тем более частые импульсы могут по ним передаваться. Теперь нетрудно догадаться, что если бы мы могли измерить хронаксию возвратного нерва или голосовых связок, то определили бы то, что нам надо, а именно — наиболее свойственную голосовым связкам частоту колебания, а следовательно, и высоту голоса певца. Однако раздражать ток непосредственно голосовые связки певца и тем более нервы гортани мы не можем. Но выход был найден. Оказалось, что хронаксия возвратного нерва и нежных голосовых связок совершенно пропорциональна хронаксии кожных покровов довольно грубой наружной шейной мышцы (грудинно-ключично-сосцевидной), раздражение которой слабым током не повредит даже самому нежному колоратурному сопрано.



Рис. 19.

Место приложения электрода (1) при определении типа голоса методом хронаксиметрии.

Проверка метода хронаксии, проведенная Р. Юссоном совместно с Г. Шене на большом числе опытов (сто пятьдесят певцов), подтвердила правильность этих предположений: чем выше голос, тем меньше хронаксия, и наоборот — низкие голоса имеют большую величину хронаксии. Так, например, для высокого сопрано хронаксия составляет 0.065 миллисекунды, а для контральто почти в три раза больше — 0.170 миллисекунды.

Таким образом, измерив хронаксию у певца, можно сказать, какой у него тип голоса.

Классификация Р. Юссона и Г. Шене отличается от обычной классификации голосов тем, что содержит значительно большее число градаций: семнадцать мужских категорий и девятнадцать женских. Происходит это главным образом потому, что авторы методом хронаксии объективно подтвердили существование в природе так называемых промежуточных типов голосов и предоставили им законное место в своей таблице. Обычно же вокальные педагоги не любят иметь дело с этими «промежуточными типами». Их обязательно стремятся приписать к какому-нибудь определенному, «чистому» типу, стоящему выше или ниже на классификационной лестнице. Если же это не удастся, то несчастный «промежуточный тип» объявляется неполноценным голосом, хотя и имеет диапазон в полагающиеся ему две октавы. Иногда ему присваивается более снисходительный титул: «характерный» голос, «камерный» или что-нибудь в этом роде. Дорога к большому оперным партиям промежуточному голосу навсегда закрыта,

Впрочем, меньше всего, по-видимому, следует винить во всем этом вокальных педагогов: ведь все оперные партии, как правило, писались и сейчас пишутся композиторами для «чистых», определенных басов, теноров и сопрано. Лишь в редких случаях композитор имеет в виду какого-либо реального знакомого ему певца, как, например, М. И. Глинка, написавший партию Руслана специально для феноменального баса Осипа Петрова, и некоторые другие случаи. Таким образом, партии уже написаны, и сейчас певцам ничего другого не остается, как пробовать, подходит их голос для оперы или нет.

Не всегда, однако, промежуточный тип голоса приносит несчастье своему обладателю. Именно такие голоса, хорошо развившиеся вверх и вниз, иногда становятся феноменальными, т. е. простираются одновременно в диапазоне баритона и тенора, драматического и лирического сопрано и т. д.

Подтверждение, методом хронаксии существования промежуточных видов голосов обязывает с еще большей осторожностью относиться к определению вида голоса певца. Голоса по своей природной высоте столь же разнообразны, как и рост людей: можно, конечно, условно разделить всех людей на высоких и низких, но существование людей со средним ростом от этого не перестанет быть объективной реальностью.

Нужно заметить, что не все трудности в применении метода хронаксии преодолены. Однако этот новый метод несомненно заслуживает особого внимания, поскольку в отличие от всех прежних он строится на учете самого важного свойства человека — функциональных особенностей и свойств его нервной системы.

Насколько надежен новый метод? Опыты самого Юссона и его сотрудников, а также некоторых отечественных исследователей дают большое число совпадений, но имеются и исключения. Поэтому вряд ли будет серьезным считать, что метод хронаксии позволит нам не считаться со всеми другими ранее известными методами определения типа голоса и верить только ему одному. Разумнее считать этот новый метод важным дополнением ко всем существовавшим ранее.

Может быть, когда-нибудь в будущем человек, желающий петь, помимо обычных экзаменов, будет подвергаться весьма несложным обследованиям в физиологической лаборатории, так же как сейчас он обследуется у врача-фоноатра. Точная аппаратура позволит быстро определить у него длину и толщину голосовых связок, строение верхних и нижних резонаторов, звучание голоса, естественность его тембра и степень разборчивости вокальной речи (дикции) на различных по высоте нотах диапазона и обязательно — особенности нервной системы по методу Юссона и другим методам. Не внесет ли тщательное изучение и сопоставление всех этих данных {от которых в конечном счете и зависит тип голоса} большую уверенность в суждение вокальных педагогов, мнение которых сегодня пока что основывается на более или менее богатой интуиции?

А ведь если мы обратимся за примером в область медицины, то увидим, что врачи давно уже при определении болезни в сомнительных случаях успешно пользуются самыми разнообразными объективными критериями, среди которых, кстати говоря, применяется и метод хронаксии. Кто знает, может быть, после подобной объективной и всесторонней «вокальной экспертизы» станет ясно, что какому-нибудь сомнительному басу легче достичь успеха, если он будет петь... тенором? Знает же история вокального искусства такие случаи, равно как и обратные превращения теноров в басы.

«ЦВЕТ» ГОЛОСА

Обертоны суть первопричина осмысленности тона; они заключают в себе эстетические причины голосовых чудес, они суть — сердце и пульс человеческого голоса.

П. Брунс.

Если в обычной разговорной речи характер тембра не является чем-то особенно существенным, то в искусстве пения — это важнейшее свойство голоса, составляющее его главное богатство. Чтобы согласиться с этим, достаточно вспомнить, например, голос нашего выдающегося певца Ф. Шаляпина с его удивительно разнообразным, каждый раз неповторимо красочным тембром.

Тембр голоса часто называют «окраской звука», «колоритом» или просто «цветом голоса». По тембру мы легко различаем голоса знакомых. По «цвету» голоса вокальные педагоги определяют тип голоса певца (баритон, бас, тенор и т. д.). Любопытны высказывания о тембровых красках голоса известного баритона Титта Руффо (1966): «Я стремился создать при помощи специфической вокальной техники подлинную палитру колоритов. При помощи определенных изменений я создавал звук голоса белый; затем, затемняя его звуком более насыщенным, я доводил его до колорита, который называл синим; усиливая тот же звук и округляя его, я стремился к колориту, который называл красным, затем к черному, т. е. к максимально темному» (стр. 302).

От чего же зависит тембр голоса? Как известно, звуки речи сложные: они состоят из основного тона и многочисленных обертонов, т. е. звуков более высокой, чем основной тон, частоты. Если высота голоса человека определяется частотой основного тона, то тембр голоса и принадлежность к той или иной гласной или согласной определяется степенью выраженности в звуке тех или иных обертонов.

Анатомия тембра

Сто лет тому назад известный немецкий физик Герман Гельмгольц пользовался для определения обертонов голоса очень простым прибором: это был стеклянный или металлический шар, имеющий два отверстия (Helmholz, 1913). Узким отверстием шар вставлялся в ухо, и если шар резонировал, это значило, что в голосе содержатся обертоны, близкие к резонансному тону шара. Собственный же резонансный тон этого шара (f_0) определяется формулой:

$$f_0 = k \sqrt{s/lv},$$

где s — площадь отверстия, v — объем резонатора, l — длина горла резонатора, k — коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности воздуха. Легко видеть, что чем меньше объем шара и чем больше площадь его отверстия, тем выше собственная резонансная частота такого резонатора. Для выделения обертонов разной высоты существовали шары разных размеров, собственные резонансные тоны которых были Гельмгольцу известны.

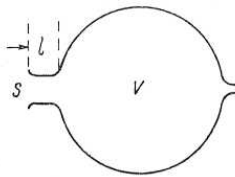


Рис. 20,

Резонатор Гельмгольца.

Объяснение в тексте.

«Анатомируя» таким образом гласные, Гельмгольцу удалось установить наличие в каждой из них по одной-две области особых усиленных обертонов, которые он назвал «характеристическими тонами гласных». Гельмгольц показал, что именно благодаря этим «характеристическим тонам» гласные и отличаются друг от друга по слуху.

В наши дни для исследования обертонов звука применяется несравненно более сложная, точная и объективная аппаратура. Один из таких приборов, называемый звуковым спектрометром, изображен на рис. 21. Если Гельмгольц при помощи своего шара-резонатора мог только выслушивать обертоны, то этот прибор, кроме того, позволяет еще и видеть их на экране. Подобно тому как солнечный луч, проходя через призму, разлагается на составляющие его цвета радуги, так и сложный звук голоса, пройдя через спектрометр, оказывается расчлененным на отдельные составляющие его обертоны. Приемником звука в этом приборе служит микрофон. Далее звук в форме электрического сигнала с микрофона поступает на усилитель, а с усилителя проходит через систему электроакустических фильтров, которые и разделяют его на составные части. В результате

Примечание [MN1]:

1 По-немецки тембр — die Klangfarbe (буквально «окраска звука»)

Примечание [MN2]:

2 Любопытно, что в старой Италии существовал обычай, по которому в паспорте в числе прочих примет человека указывался также и тембр его голоса (Воячек, 1926).

ряда преобразований на экране прибора появляется серия светящихся столбиков, каждый из которых соответствует определенной частоте обертона, а высота столбика — его интенсивности. Столбики эти вырисовываются безынерционным лучом катодно-лучевой трубки спектрометра. Таким образом, по шкале прибора мы можем определить не только частоту обертонов, из которых состоит звук голоса, но и силу каждого из обертонов. Спектрометр, изображенный на рис. 21, позволяет обнаружить в сложном звуке обертоны с частотами от 40 до 27 000 гц, т. е. практически весь слышимый человеческим ухом диапазон частот. Слева на экране прибора располагаются низкие составляющие, справа — высокие.



Рис. 21.
Исследование акустического строения голоса
при помощи советского спектрометра типа СЗЧ.
У микрофона лауреат Всесоюзного и Международного конкурсов вокалистов
В. Атлантов.

Примечание [МНЗ]:
3 Существуют и другие типы спектрометров, например динамический спектрометр, называемый «видимая речь» (visible speech) и позволяющий зарегистрировать на фотоленте динамику изменений звукового спектра во времени.

Картина, получающаяся при разложении звука на экране спектрометра, носит название спектра звука, а отдельные сильно выдающиеся пики, состоящие из группы обертонов и влияющие на распознавание речевых звуков, были названы формантами. Таким образом, речевые форманты по своей сути соответствуют характеристическим тонам Гельмгольца.

Детальные исследования формантного состава речевых звуков позволили установить, что формант в каждой гласной не одна-две, как думал Гельмгольц, а значительно больше — три, четыре и даже пять. Хотя все эти речевые форманты влияют на опознаваемость звуков, наиважнейшими оказываются все же первые две-три, средние частоты которых приведены в табл. 5.

У разных людей форманты даже в одних и тех же гласных звуках несколько разнятся по своему частотному положению, ширине и интенсивности (в детском и женском голосе все форманты несколько выше, чем в мужском). Кроме того, даже у одного и того же диктора форманты одного и того же звука, например А, заметно различаются в зависимости от того, в каком слове звук произносится, ударный он или безударный, высокий или низкий и т. д. (Артёмов, 1960; Зиндер, 1960). Индивидуальные особенности формант, а также присутствие в голосе еще и других специфических для каждого человека обертонов и придают голосу каждого человека неповторимый, присущий только ему одному, тембр.

Теперь мы видим, что научить машину разбираться во всех этих особенностях обертонов, т. е. решить проблему «захвата речи», — дело не простое. Пока что машина научилась хорошо производить анализ звука, т. е. «анатомию» обертонов, как это делает, например, спектрометр. Но для того, чтобы опознать звук, нужно по существу произвести его синтез, т. е. найти среди обертонов форманты, сопоставить все их особенности и

причислить звук к определенной категории, несмотря на целый ряд мешающих этой операции случайных признаков. Так, например, при классификации речевых звуков машина не должна «обращать внимание» на разную высоту голоса, его силу и различие в тембре. Поскольку же в формировании тембра участвует по сути дела тот же

Таблица 5
Средние частоты формант гласных (в гц) (по Фанту, 1964)

| Гласные | Частота речевых формант | | |
|---------|-------------------------|--------------|--------------|
| | 1-я форманта | 2-я форманта | 3-я форманта |
| У | 300 | 625 | 2500 |
| О | 535 | 780 | 2500 |
| А | 700 | 1080 | 2600 |
| Е | 440 | 1800 | 2550 |
| И | 240 | 2250 | 3200 |
| Ы | 300 | 1480 | 2230 |

самый механизм, что и в образовании гласных, различить эти два явления очень трудно. Легко себе представить, что для человека, не знающего чужого языка, различные гласные этого языка звучат как звуки различных тембров. Таким образом, проблема классификации звуков в речи тесным образом связана с изучением тембра. Успехи науки, однако, позволяют надеяться, что в недалеком будущем, взяв телефонную трубку, нам уже не нужно будет производить однообразную и скучную операцию набора номера пальцем; достаточно лишь будет четким голосом произнести номер, как машина тотчас же соединит нас с абонентом. Разумеется, произойдет это тогда, когда тайна вещей слов «сим-сим, отвори дверь!» из известной сказки «Али-баба и сорок разбойников» будет полностью раскрыта и из фантазии превращена в действительность.

Секрет звонкости голоса

Верхнюю певческую форманту следует считать основным и важнейшим качеством хорошо поставленного певческого голоса.

С. И. Ржевкин.

Звонкий, яркий, серебристый, звенящий металлом — вот как часто характеризуется тембр голоса хороших певцов. От чего же зависит эта важная особенность тембра певческого голоса — звонкость? Большая заслуга в изучении тембра певческого голоса принадлежит советским исследователям — С. Н. Ржевкину (1956), В. С. Казанскому (1928), Е. А. Рудакову (1964), зарубежным — В. Бартоломью (1934), Р. Юссону (1962) и др. Было установлено, что в звуке певческого голоса содержится значительно больше высоких обертонов, чем в звуке обычного разговорного голоса. Особенно сильно выражены в певческом голосе высокие обертоны, с частотой 2500—3000 гц. Оказалось, они-то и придают голосу звонкий оттенок. Сила этих обертонов в голосе хорошего певца в десятки раз больше, чем в плохом или обычном разговорном голосе. Поэтому не случайно эта группа высоких обертонов, свойственных хорошему, звонкому певческому голосу, была названа «высокой певческой формантой» (или «верхней певческой формантой»).

В этом можно легко убедиться, обратившись к рисункам 22 и 23, на которых изображены спектры гласных известных мастеров вокального искусства в сравнении со спектрами голоса неквалифицированных певцов и обычных речевых гласных. Спектры эти получены путем непосредственного фотографирования с экрана спектрометра СЗЧ и, таким образом, представляют собой как бы подлинные портреты голоса певцов. Высокая певческая форманта помечена на них крестиком. Легко видеть, что величина высокой певческой форманты в спектрах голоса Ф. Шаляпина, Э. Карузо, М. Баттистини, Б. Джильи и других мастеров пения намного больше, чем в спектрах голоса неопытных певцов и обычных речевых гласных.

Мы знаем, что голоса всех хороших певцов отличаются исключительным своеобразием тембра. Но вместе с тем они отличаются и одной общей закономерностью: в них во всех сильно выражена высокая певческая форманта, которая и придает им чарующий серебристый оттенок.

Если вершины обертонов, видимых на экране спектрометра, соединить плавной линией, то мы получим волнообразную кривую, называемую огибающей спектра. Изображать спектры в форме огибающей значительно удобнее, так как для сравнения можно наложить несколько огибающих одна на другую. Этот прием позволяет нам убедиться в существовании ряда интересных закономерностей высокой певческой форманты. На полученных графиках по горизонтальной оси откладывается частота спектральных составляющих (в герцах), а по вертикали — их интенсивность (в относительных единицах — децибелах).

Прежде всего было установлено, что в каждом типе голоса высокая певческая форманта занимает свое определенное частотное положение: у басов и баритонов 2100—

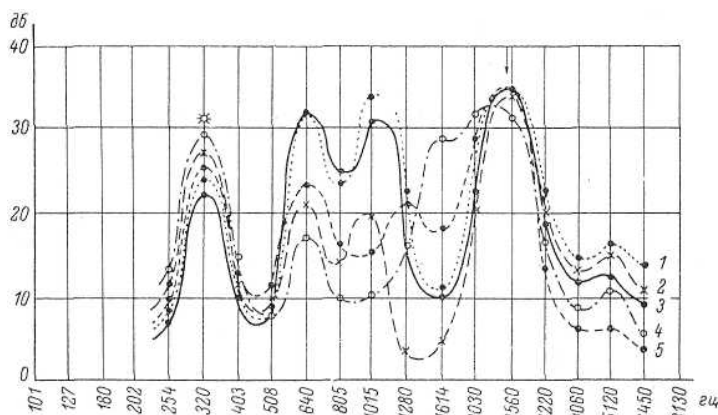


Рис. 24.

Огибающие спектров вокальных гласных (квалифицированный певец, баритон).

Гласные соответственно обозначены цифрами; 1 — О, 2 — У, 3 — А, 4 — И, 5 — Э. Хорошо заметно, что высокая певческая форманта (помечена стрелкой) четко выражена на всех гласных. По горизонтали — частота спектральных составляющих (в гц) (соответствует полосам пропускания фильтров спектрометра); по вертикали — уровень их интенсивности.

2500 гц, у теноров 2500—2800 гц, у сопрано 3000—3500 гц, а у детей в возрасте 10—13 лет высокую певческую форманту часто можно наблюдать и в более высокой области, вплоть до 4000 ГЦ.

В то же время у одного и того же певца, если этот певец обладает хорошим голосом, высокая певческая форманта совершенно не сдвигается по частотной шкале, как все другие форманты, при пении нот разной высоты и разных гласных. Закономерность эта хорошо иллюстрируется рисунками 24 и 25, где изображены для сравнения огибающие спектров речевых и вокальных гласных.

Как можно еще более достоверно доказать, что высокая певческая форманта действительно придает голосу силу и звонкость? С этой целью были взяты голоса Шаляпина, Карузо и многих других знаменитых певцов, записанные на магнитофон и подвергнутые нами, образно говоря, хирургической операции (Морозов, 1966). При помощи специальных электроакустических фильтров высокая певческая форманта была полностью «вырезана» из этих голосов и «пересажена» на другую магнитофонную ленту. Таким образом, имелась возможность отдельно прослушать голос без певческой форманты, а также саму певческую форманту в изолированном виде.

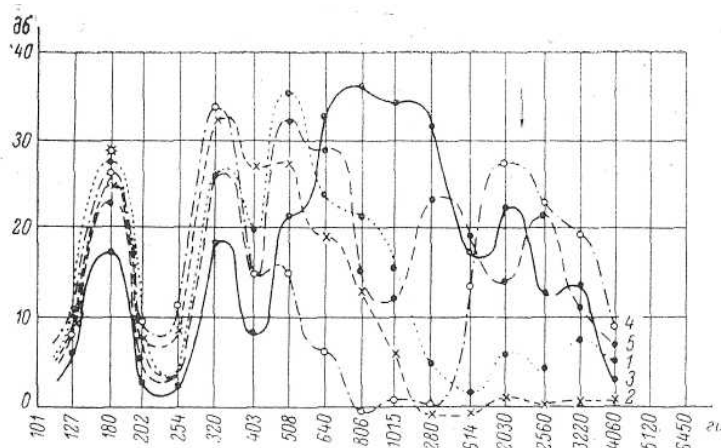


Рис. 25.

Огибающие спектров пяти гласных, произнесенных диктором обычным речевым голосом. Обозначения те же, что и на рис. 24

Такие «оперированные» голоса были продемонстрированы на заседании студенческого научного общества вокального факультета Ленинградской консерватории. Перед началом демонстрации слушателям были розданы анкеты с просьбой записать свои впечатления. Вот что оказалось написанным в некоторых анкетах: «Голос, лишенный певческой форманты, звучит на слух тускло, без звона и яркости, радующей у хорошего певческого звука»; «Впечатление такое, что теряется вся полетность голоса»; «Голоса певцов без певческой форманты звучат гораздо слабее по силе звука, значительно теряют в чистоте и яркости тембра, звук «пестрый», „с песком“, «почти старческий»; «Форманта сама по себе прелестна, напоминает соловьиную трель».

Любопытно, что эта «соловьиная трель», еще напоминающая звон маленького серебряного колокольчика, содержится не только в самых высоких голосах (сопрано и тенор), но буквально со всех, даже у самого низкого баса. И чем сильнее выражена высокая певческая форманта в голосе певца, тем больше его звонкость и серебристый тембр.

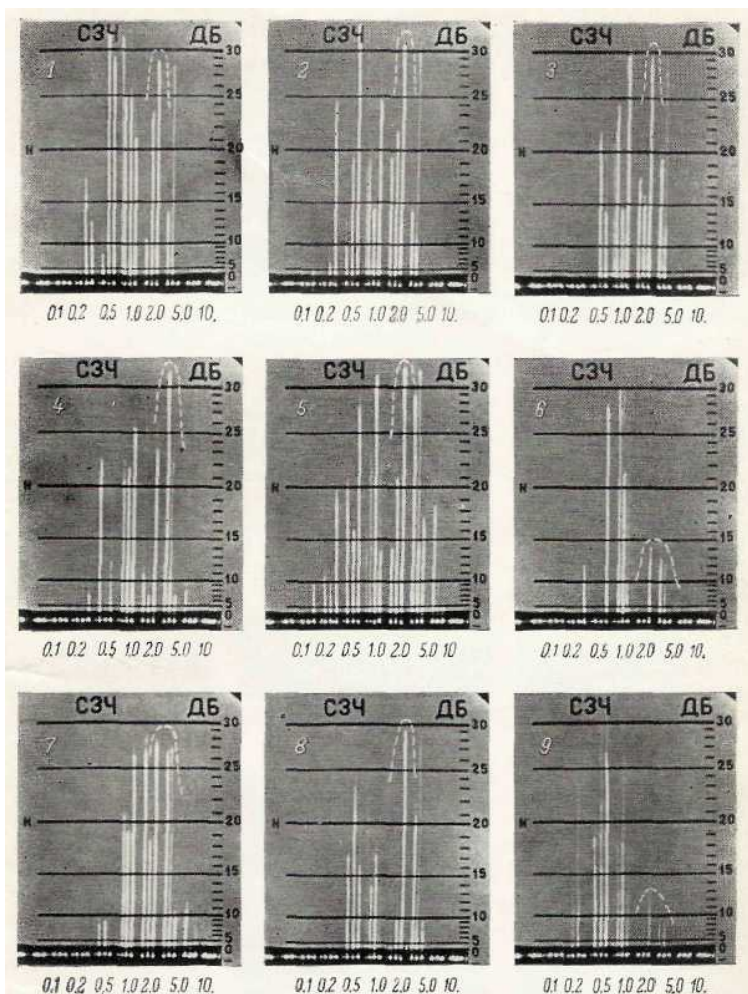


Рис. 22.

Спектры гласных известных мастеров вокального искусства и некавалифицированных певцов (спектры сняты с экрана спектрометра СЗЧ при помощи фотопроставки с подсветкой экрана спектрометра).

По горизонт. — частота спектральных составляющих (в кГц);
по вертикал. — уровень их относительной интенсивности (в дБ).

Высокая певческая форманта помечена пунктиром.

- 1 — М.Баттистини, гласн. А, нота е1 я слове *si caliera* в эпиталаме из оп. «Нерон»;
- 2 — Титта Руффо, гласн. Е, нота f1 в словах *a te la figlia* в арии Риголетто;
- 3 — Б-Джилли, гласн. А, нота ais1, фермато в конце романса Куртиса «Пой мне»;
- 4 — И. Козловский, гласн. У, нота f1 в слове «забудет» из арии Ленского;
- 5 — Н. Гяуров, гласн. О, нота е1 в слове *атог* в арии короля Филиппа;
- 6 — недостаточно квалифицированный певец Б.Г—р (баритон), то же самое, что и у Гяурова;
- 7 — С.Лемешев гласн. А, нота b1 в слове «карие» из русской народной песни;
- 8 — Б.Гмыря, гласн. А, нота А в слове «пал» из арии Руслана;
- 9 — речевой гласн. А в слове «пал» (диктор Г-ов)

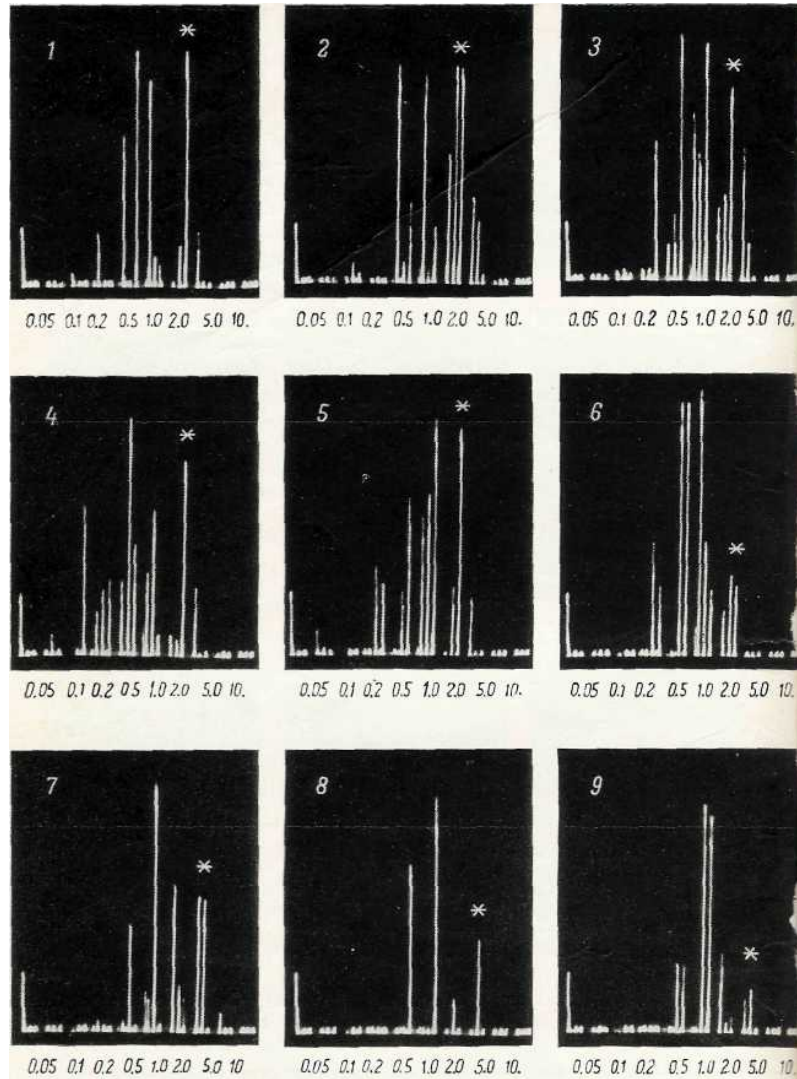


Рис. 23.

Спектры гласных известных мастеров вокального искусства некавалифицированных певцов и детей. Спектры сняты при затемненном экране спектрометра. Высокая певческая форманта помечена звездочкой.

- 1 — Ф. Шаляпин, гласн. А в слове «стадами» из «Песни убитого странника»;
- 2 — Э. Карузо, гласн. Э из арии Элеазара;
- 3 — П. Лисициан, гласн. А, в слове «начинаем» из «Пролога» к опере «Паяцы»;
- 4 — Н. Охотников (бас), гласн. О в слове «герой» из «Гимна природе» Бетховена;
- 5 — В. Атлантов (тенор), изолированная гласн. А;
- 6 — некавалифицированный певец М. З. (то же, что и В. Атлантов);
- 7 — Р. Лоретти, 2-я гласн. А в слове "santa" из неаполитанской песни;
- 8 — Люда З—ря (13 лет), гласн. О из песенки про лисичку-
- 9 — Ю. Г—ко (11 лет), гласн. А в слове «шаланда» из песенки про партизан.

По заказу слуха

Изучение принципов работы взаимосвязанной пары систем — биологического приемника и биологического излучателя сложных звуков — представляет собой задачу, имеющую громадное значение для всей проблемы связи. . .

Г.В.Герцуни

Почему же певческая форманта так сильно влияет на звонкость голоса? Ответ на этот вопрос дает физиология слуха. Как уже говорилось в разделе «Сильно — еще не значит громко», наш слух в пределах диапазона слыши мости не все звуки воспринимает одинаково: звуки, приближающиеся по частоте к инфра- и ультразвукам, слышатся хуже, а самой наивысшей чувствительностью слух обладает к звукам с частотой 2000—3000 гц (это соответствует примерно do — sol четвертой октавы). Но ведь как раз в этой же самой области, как мы знаем, и располагается высокая певческая форманта (рис. 26 и 27). Случайно ли такое совпадение? По-видимому, не случайно.

Вокальная речь в процессе эволюционного (исторического) и индивидуального развития человека формируется для слуха и под непрерывным контролем слуха. Поэтому сосредоточение значительной части ее спектральной энергии в области максимальной чувствительности слуха следует рассматривать как вполне закономерное приспособление певческого голоса к особенностям слуховой функции слушателей. Высокая певческая форманта, по образному выражению Е. А. Рудакова, действует как «броневой наконечник», «поражая» наиболее уязвимые участки слуха. Вот почему голоса лучших певцов обладают большой звонкостью и звучностью. Это же свойство, как мы уже видели, придает им и значительную помехоустойчивость.

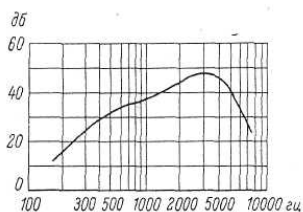


Рис. 26.

Кривая слуховой чувствительности человека показывает, что наш слух наиболее хорошо воспринимает частоты 2000—3000 гц. По горизонтали — частота звука (в гц); по вертикали — чувствительность слуха (в относительных единицах, дб).

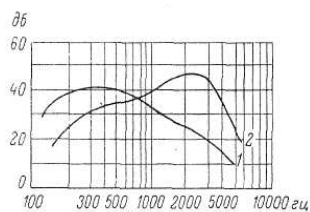


Рис. 27.

Сравнение спектров речевых (1) и вокальных (2) гласных показывает, что в вокальных гласных спектральная энергия «перекачивается» из области низких частот в область максимальной чувствительности слуха. По горизонтали — частота спектральных составляющих (в гц), по вертикали — относительный уровень их интенсивности (в дб).

С этой точки зрения звуки обычной разговорной речи оказываются менее приспособленными к своему приемнику — слуху. Максимум их спектральной энергии располагается в районе низких частот (около 300—400 гц), т. е. не соответствует максимуму слуховой чувствительности (рис. 27, 1) (Варшавский и Литвак, 1955; Варшавский и Чистович, 1959). Однако для целей обычной речевой связи такого распределения спектра оказывается вполне достаточно. Вокальная же речь должна быть слышна на большом расстоянии, 4 быть звонкой и полетной. Это и достигается в голосе лучших певцов, как показывают исследования, не столько путем увеличения чисто физической силы звука, сколько более разумным и экономным путем наилучшего согласования свойств сигнала со свойствами приемника: спектр вокальной речи «по заказу слуха» «перекачивается» из области низких частот в область высоких, т. е. в область максимальной слуховой чувствительности (рис. 27, 2). Есть все основания полагать, что если бы максимум чувствительности нашего слуха был расположен в области еще более высоких частот (например, около 8000 гц), то мы могли бы ожидать, что максимум спектральной энергии вокальной речи переместился бы именно в эту область.

Примечание [MN1]:

4 Заметим, что для звуковой сигнализации человек нередко выбирает звуки, близкие по частоте к звучанию высокой певческой форманты: так, например, звук милицейского свистка или звуковые сигналы искусственных спутников земли. Эти звуки наиболее хорошо слышатся на большом расстоянии.

Любопытно, что жители некоторых горных районов Испании, Индии и Южной Америки, селения которых разделены широкими пропастями и нагромождениями скал, переговариваются между собой при помощи . . . свиста. У этих народов существует целая система свистковых сигналов, обеспечивающая им возможность обмениваться информацией не хуже, чем при помощи речи. Преимущества же «языка свистов» заключаются в том, что он слышен на значительно более далеком расстоянии (до нескольких километров).

Любопытно, что к этому выгодному согласованию свойств голоса и слуха всегда интуитивно стремились певцы всех стран и народов, при этом даже не подозревая о существовании высокой певческой форманты и законов слуха. Что же касается современных певцов, то у них есть все возможности извлечь для себя определенную пользу из знания этих закономерностей.

Сколько у вас в голосе металла?

Благодаря тому, что высокую певческую форманту удастся выделить из голоса, ее можно измерить, т. е. установить ее процентное содержание в звуке гласных, аналогично тому, как определяется, например, процент руды в горной породе. Так, было установлено, что у начинающих, малоопытных певцов относительная интенсивность певческой форманты в голосе составляет 3—5%. У опытных профессиональных певцов — 15 — 30, а у выдающихся мастеров вокала доходит до 35% и более. Поскольку СП-высокой певческой форманты зависит звонкость голоса, ее процентное содержание в певческом звуке вполне логично назвать коэффициентом звонкости голоса. Коэффициент этот определяется по формуле:

$$K_{зв} = \frac{J_f}{J_{\Sigma}} \cdot 100\% ,$$

где J_f интенсивность спектральной энергии в области высокой певческой форманты, J_{Σ} -интенсивность всего звука в целом.

Коэффициент звонкости даже у одного и того же певца не остается постоянным, а несколько изменяется в зависимости от высоты ноты, от того, какая гласная поется, и от иных причин. Изменения эти, однако, тем меньше, чем выше мастерство певца: у хорошего певца все гласные и все ноты звучат одинаково ровно и звонко. Обнаружено, что высокая певческая форманта, определяющая $K_{зв}$ голоса, больше выражена в драматических голосах, чем в мягких лирических; у мужчин она больше, чем у женщин и детей (Морозов, 1964, 1966). На форте К.п примерно в два раза больше, чем на пиано; однако при чрезмерном форсировании голоса, особенно у неопытных певцов, коэффициент звонкости может не только не увеличиться, но даже уменьшиться. На звонкость голоса влияет многое: дыхание, резонаторы, положение гортани, но главное, чего не любит голос — это насилия над ним. форсирования. Звонкость, достигаемая таким путем, очень недолговечна, певец быстро утомляется, и звук становится тусклым. Может быть, это и явилось одной из причин возникновения термина *metallo falso*, т. е. «ложный металл».

Зависит коэффициент звонкости и от эмоционального состояния человека: когда певец исполняет песню или арию, особенно ту, которая ему самому нравится, коэффициент звонкости", как правило, выше, чем тогда, когда он поет упражнение. Влияние эмоционального состояния на звонкость голоса давно подмечено и в обыденной жизни: положительные эмоции, как правило, повышают звонкость голоса (мы говорим подчас: "голос его зазвенел металлом»)- а отрицательные уменьшают («он стал говорить глухим и сдавленным голосом»).

Исследование звонкости голоса имеет не только научно-теоретическое значение, но и практическое. Например, искусственно усиливая область обертонов в полосе 2500--3000 гц, голосу любого человека можно придать приятный серебристый оттенок. Так можно, например, украсить голос певца, выступающего по радио. Наоборот, если радио-тракт "заваливает» высокую певческую форманту, то этим можно испортить даже самые звонкие голоса, что, к сожалению, нередко и бывает при неисправном телевизоре, приемнике или магнитофоне.

Другое применение $K_{зв}$ находит в учебно-педагогическом процессе в консерваториях. Данные периодических измерений звонкости голоса у обучающихся пению могут стать точным и объективным показателем овладения правильной певческой техникой и свидетельствовать об эффективности тех или иных вокально-педагогических приемов. Так, например, студент Н. Охотником на втором курсе Ленинградской консерватории в 1959 г имел коэффициент звонкости 18%, На пятом же курсе в 1962 г. коэффициент звонкости голоса Н. Охотникова возрос в среднем до 32 %. К этому времени студент достиг больших вокальных успехов и звания лауреата Всесоюзного и Международного конкурсов вокалистов.

Сложность методов измерения высокой певческой форманты, к сожалению, ограничивает возможности широкого применения их на практике. Правда, и акустической лаборатории Московской консерватории был в свое время создан довольно портативный прибор для определения степени выраженности высокой певческой форманты в голосе непосредственно в процентах. Однако, к сожалению, этот прибор не получил широкого распространения.

Разумеется, прибор никогда не сможет заменить сложные функции вокального педагога, но вместе с тем он может стать весьма ценным помощником даже для опытных в своем деле специалистов.

Недавно метод измерения спектра голоса был применен в Ленинградском институте по болезням уха, горла, носа и речи. Оказалось, что у профессиональных певцов, страдающих фонастенией (болезнь голоса), уровень высокой певческой форманты в голосе резко падает (Шамшева, Морозов, 1966). Таким образом, измерение К₁ голоса может служить и медицине как метод диагностики.

Когда-то говорили, что тембр голоса измерить невозможно. Однако мы видим, что такое свойство тембра, как звонкость, вполне можно измерить и выразить одним числом. Красота тембра голоса, разумеется, зависит не только от одной высокой певческой форманты, но и от ряда других обертонов. В частности, впечатление «мягкости» и «массивности» голосу придает низкая певческая форманта, которая впервые обнаружена в голосе хороших певцов С. Н. Ржевкиным и В. С. Казанским (1928). Она расположена в области 300—600 гц. Сейчас ведутся опыты по исследованию и других особенностей тембра голоса

Зачем голосу вибрато?

Тембр голоса певца зависит не только от обертонов, но в большой мере он определяется и характером так называемого вибрато. Прислушайтесь к голосу хорошего певца, вы услышите, что он слегка колеблется, как бы пульсирует ритмично и плавно с частотой примерно 5—7 пульсаций в секунду. Это и есть вибрато. Интересно, что эта частота вибрато кажется для нашего слуха наиболее благозвучной: более редкие колебания воспринимаются нами как качание звука, а более частые — как дрожание («барашек» в голосе).

С акустической точки зрения вибрато — результат периодического изменения силы, частоты и спектрального состава звука. Несмотря на то что глубина изменений частоты основного тона доходит до четверти тона и даже до полутона, периодического колебания высоты звука в процессе нормального вибрато мы не замечаем и звук голоса кажется на слух совершенно ровным по высоте и тембру (Рагс, 1964).

Вибрато мастеров пения отличается приятной, ласкающей слух плавностью. Выражено оно не сильно, и поэтому создается впечатление, что звук голоса «льется непрерывной струей», лишь слегка пульсирующей. Эти пульсации вибрато как бы делают голос живым и одухотворенным. Если вибрато нет, то голос кажется безжизненным, невыразительным и тупым и, по образному выражению вокалистов, «прямым, как палка».

По своему характеру вибрато разных певцов отличается колоссальным разнообразием. У неопытных певцов вибрато нередко бывает очень резким и глубоким, что создает впечатление прерывистости звука. Такое вибрато часто называют тремоляцией голоса (tremolo — значит «дрожачий»). Кроме того, у плохих певцов вибрато не имеет той хорошей ритмичности, которая свойственна мастерам пения.⁵ Плохая ритмичность вибрато в голосе неопытных певцов создает впечатление какой-то неустойчивости, неопределенности звука и говорит о несовершенстве вокальной техники, точнее, является прямым следствием этого несовершенства.

Для изучения вибрато служит уже известный читателю прибор — самописец уровня электроакустических колебаний типа Н-110. Благодаря большой подвижности и чувствительности его пишущего пера, удается зарегистрировать даже очень слабые пульсации силы звука, которые возникают в процессе вибрато. Пульсации эти на записи отражаются в виде волнообразных линий.

На рис. 28 представлены записи голосов выдающихся мастеров вокального искусства (1—6) в сравнении с голосом неквалифицированного певца (7) и певца-мальчика 13 лет (8). Хорошо видны очень четкая ритмичность вибрато мастеров пения⁵ и некоторые индивидуальные отличия между ними по форме вибрато. Очень слабо, едва заметно выражено вибрато у мальчика. Совершенно отсутствует какой-либо ритм вибрато в хаотической ломаной кривой записи голоса неквалифицированного певца.

Как уже говорилось, все эти особенности вибрато сильно сказываются на характере слухового восприятия голоса. Совершенно точно доказано, что вибрато воспринимается как тембровая особенность звука. Вместе с тем вибрато придает голосу и определенную эмоциональную окраску, выражает эмоциональное волнение певца и несет его слушателю. "Голос его не трепетал более— он дрожал, но той едва заметной внутренней дрожью страсти, которая стрелой вонзается и душу слушателя», — писал о вибрато И. С. Тургенев. Заметим, кстати, что великий писатель был не только художником слова, но и тонким ценителем и большим знатоком художественного пения.

Вибрато встречается не только в певческом голосе, Некоторые известные драматические артисты иногда прибегали к вибрато с целью выражения сильных эмоциональных переживаний, С этой же целью музыканты -виолончелисты, скрипачи, трубачи — сознательно стараются придать звуку своих инструментов вибрирующий характер, сходный с вибрато певческого голоса. И не напрасно: этот прием заметно оживляет игру, делает ее более выразительной в художественном и эмоциональном отношении. Вибрато — очень важное украшение звука.

Примечание [MN1]:

5 Редкие грамзаписи выдающихся мастеров пения (А. Патти и др.) были получены нами для акустического анализа из уникальной коллекции грампластинок ленинградского коллекционера Ю. Б. Перепелкина. Автор считает своим долгом выразить Юрию Борисовичу признательность

Однако вибрато нужно голосу не только для красоты. Исследования показали, что вибрато придает звуку значительно большую помехоустойчивость; неточности интонации и небольшие неровности звука по интенсивности, явно заметные в безвibrатном звуке, совершенно незаметны в звуке с вибрато, хотя и присутствуют там в той же степени. Вибрато как бы скрадывает эти погрешности, исправляет интонацию и неровности звучания голоса. В исследованиях датского ученого Ван-ден-Берга показано, что вибрато способно скрадывать даже ощущение гнусавости звука, т. е. как бы исправляет тембр.

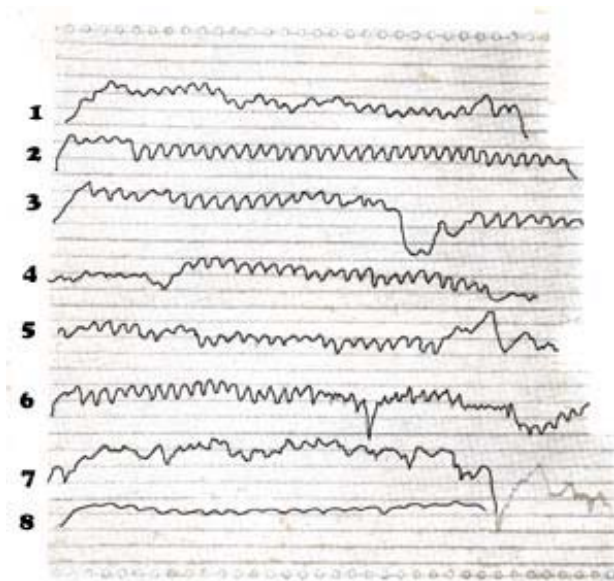


Рис. 28. Вибрато голоса выдающихся мастеров пения и неопытных певцов, зарегистрированное при помощи самописца Н-110,

1 — А. Патти, колоратурное украшение голоса в арии Нормы (обращает на себя внимание строгая ритмичность и плавность — «округлость» вибрато выдающейся итальянской певицы); 2 — Титта Руффо, фраза из арии Риголетто; 3 — Б. Джилли, заключительная фраза из романса Куртиса «Пой мне»; 4 — Н. Обухова, фраза из арии Далилы; 5 — И. Козловский, заключительная фраза из «Песенки Герцога»; 6 — С. Лемешев, фраза из русской народной песни «Когда я на почте служил ямщиком»; 7 — неквалифицированный певец В. Г—ов, фраза из «Песни певца за сценой» (из оперы «Рафаэль»), хорошо видна «ритмичность» и ломаный характер кривой вибрато; 8 — слаборазвитое вибрато в голосе певица-мальчика 13 лет.

Интересные результаты были получены при исследовании влияния вибрато на полетность. Трудность здесь заключалась в том, что, как известно, на полетность влияет спектр голоса и главным образом высокая певческая форманта. Поэтому сравнение полетностей двух голосов (с вибрато и без вибрато) не может быть еще доказательством влияния вибрато, так как разницу в полетности можно отнести за счет разницы в спектрах этих голосов. Но выход был найден. Опытного музыканта (профессора консерватории) попросили сыграть на виолончели несколько звуков, каждый двумя способами: 1) с вибрато, 2) без вибрато. Спектральный состав они имели в достаточной степени сходный и различались только по наличию или отсутствию вибрато. При измерении полетности этих пар звуков было установлено, что полетность звука с вибрато в среднем на 2 дБ выше, чем полетность без-вibrатного звука.

Более обстоятельные и точные опыты были проведены при помощи специального прибора для исследования вибрато. Прибор этот дает возможность получить звуки без вибрато, а также имитировать самый различный характер вибрато: произвольно изменять его ритм, частоту, глубину, изучать вибрато интенсивности и вибрато частоты, а также фазовые соотношения между ними и т. д. Эти исследования показали, что звуки с вибрато приятнее на слух и лучше слышатся в шуме, т. е. обладают повышенной помехоустойчивостью.

Разгадку этого явления следует искать опять-таки в свойствах слуха: наш слух более чувствителен к периодически изменяющимся звукам, чем к «гладким». Аналогично этому глаз более чувствителен к пульсирующему свету, чем к ровному. Недаром поэтому многие светофоры, маяки, сигнальные фонари автомобилей снабжены именно

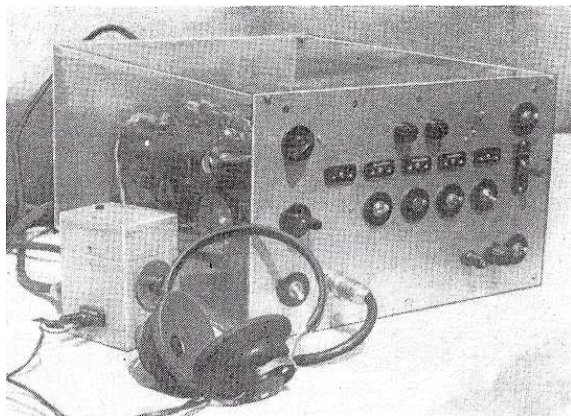


Рис. 29.

Прибор для получения искусственного вибрато (амплитудно-частотный модулятор звука), при помощи которого было показано, что вибрато придает звуку большую помехоустойчивость.

пульсирующими световыми источниками (мигалки). В литературе имеются данные о том, что звуки пульсирующего, прерывистого характера обладают повышенной помехоустойчивостью и слышатся на более далеком расстоянии, чем «гладкие» звуки (Е. Скучик, 1959; Протасов, 1965). Таким образом, пульсации вибрато придают голосу певца, помимо красоты, еще и важнейшие технические свойства — повышенную помехоустойчивость, звучность и полетность («дальнобойность»).

История говорящей машины

Обратимся теперь к вопросу о том, как же образуются в голосовом аппарате человека различные звуки и тембр голоса, т. е. как голос «окрашивается». Ответ на этот вопрос в известной мере связан с историей создания говорящей машины. Изобретение говорящей машины обычно приписывается Г. Гельмгольцу. Известный немецкий физик и физиолог действительно много сделал для раскрытия природы звуковой речи: он создал теорию образования гласных в речевом аппарате человека, теорию восприятия звуков слуховым аппаратом и, наконец, в 1860 г. на основе своих расчетов построил говорящую машину (H.Helmholtz, 1913).

Тем не менее в интересах справедливости следует заметить, что попытки создания говорящей машины существовали задолго до изобретения Гельмгольца. В частности, в России говорящая машина была создана чуть ли не на целое столетие раньше гельмгольцевской. В 1779 г. Петербургская академия наук объявила конкурс на создание аппарата для искусственного воспроизведения гласных звуков. Вскоре такой аппарат был представлен в Академию наук, а автор его, Х. А. Краценштейн, был награжден премией (Мясников, 1949). Как же была устроена говорящая машина Х. А. Краценштейна?

Основу аппарата составляла искусственная гортань с искусственными голосовыми связками, т. е. эластическими язычками, колеблющимися под действием тока воздуха, нагнетаемого мехами (чем не подтверждение миоэла-стической теории!). Высота основного тона «голосовых связок» регулировалась специальным зажимом. «Говорить» же, т. е. воспроизводить различные гласные звуки, машина эта могла только благодаря приставляемым к ней резонаторам различного объема и формы. Резонаторы эти в виде причудливых банок и ваз надевались на искусственную гортань сверху. В зависимости от того, какой из резонаторов на нее надет, гортань могла «произносить» различные гласные звуки.

Говорящая машина Гельмгольца выглядела более солидно. Во-первых, голосовыми связками ей служили электрокамертоны, которые вибрировали от электрического тока, а во-вторых, резонаторов она имела целое множество и они работали не поочередно, как в машине Краценштейна, а все вместе. Каждый такой резонатор в аппарате Гельмгольца состоял из полого цилиндра с отверстием, которое могло закрываться частично или полностью при помощи специальной задвижки. Резонаторы были различного объема, а задвижки служили для регулирования величины отверстий в резонаторах и, следовательно, изменяли их акустическую настройку и собственные резонансные тоны в соответствии с формулой резонатора Гельмгольца, приведенной в разделе "Анатомия тембра" (см. стр. 90). Если резонаторы удавалось настроить на характеристические тоны гласных, или, как бы мы сейчас сказали, на форманты гласных, то машина могла «произносить» эти гласные. При помощи своей говорящей машины Гельмголец доказал, что гласные звуки образуются путем усиления речевыми резонаторами гармонических обертонов, содержащихся в звуке голосовых связок.

В наши дни созданы значительно более совершенные говорящие машины; так, например, некоторым советским и зарубежным исследователям удалось заставить машину произносить не только гласные, но и согласные. Интересно, что в опытах ленинградского исследователя Б. В. Богданова (1960) голосовым материалом для машинного синтеза различных гласных и согласных служил обычный шум, ИЗ которого "вырезались" полосы приблизительно соответствующие формантным полосам в естественных гласных.

Сейчас уже созданы говорящие машины, способные "Произносить" не только отдельные гласные и слоги, но целые слова и даже предложения. Словарный запас, память и дикция этих машин с каждым годом улучшается: они усердно учатся у человека «разговаривать» (Сапожков, 1963).

Посмотрим теперь, как же устроена и работает живая говорящая машина человеческого речевого аппарата. С работой голосовых связок мы уже знакомы. Как показали исследования, звук, который они порождают при своем вибрировании, содержит не только один основной тон, но еще и очень много обертонов различной высоты. Тем не менее если бы мы слышали этот связочный звук, мы бы никогда не сказали, что он сколько-нибудь похож на звуки речи — гласные и согласные: свой естественный тембр человеческого голоса приобретает лишь благодаря системе резонаторов. Поскольку природа — очень экономный строитель, роль резонаторов и в человеческом голосовом аппарате она поручила различным воздухоносным полостям дыхательного тракта, окружающим голосовые связки со всех сторон. Важнейшими резонаторами у нас являются глотка и ротовая полость. Если понаблюдать за ними при помощи лучей Рентгена во время речи или пения, то можно видеть, как объем и форма этих резонаторов причудливо изменяются, то вытягиваясь в узкие трубочки и щели, то сильно расширяясь, образуя воронки и рупоры.

Благодаря этим изменениям объема и формы ротового и глоточного резонаторов акустическая настройка их меняется и они образуют различные гласные и согласные звуки.

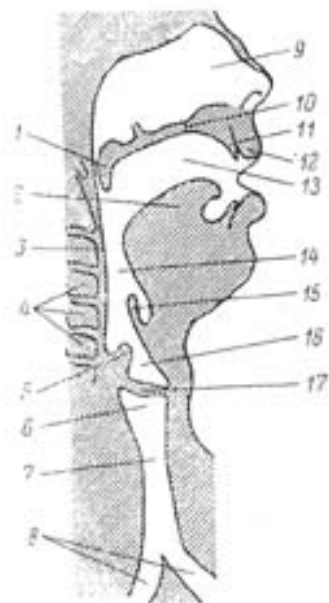


Рис. 30,
Схема голосообразующего аппарата человека.

- 1 — мягкое нёбо;
- 2 — язык;
- 3 — задняя стенка глотки;
- 4 — контуры шейных позвонков;
- 5 — черпаловидные хрящи гортани;
- 6 — подвязочное пространство;
- 7 — трахея;
- 8 — бронхи;
- 9 — носовая полость;
- 10 — твердое нёбо;
- 11 — зубы;
- 12 — верхняя губа;
- 13 — ротовая полость;
- 14 — полость глотки;
- 15 — надгортанник;
- 16 — надгортанная полость;
- 17 — голосовые связки.

Каждый может проделать очень простой опыт, чтобы убедиться, как звучат его собственные речевые резонаторы: если легонько пощелкать пальцем по щеке, изменяя при этом форму ротовой полости и языка так, как это делаем мы при произношении различных гласных, то легко можно услышать эти гласные в звуке щелчков — это резонаторы «работают» без всякого участия голосовых связок.

Разговор шепотом также происходит без участия гортани. В этом случае речевые резонаторы возбуждаются током проходящей через них воздушной струи. Эта известная самостоятельность резонаторов в образовании звуков речи позволяет возратить речь людям, потерявшим ее вследствие болезни гортани. Такие больные пользуются искусственной (электроакустической) гортанью, способной заменить лишь звук голосовых связок. Звук этот с помощью трубочки вводится в ротовую полость, а характер той или иной гласной этому искусственному звуку придается уже при помощи собственных резонаторов человека, т. е. путем обычной артикуляции речи.

Рот и глотка — важнейшие, но не единственные резонаторы голосового аппарата. Резонирует и носовая полость. Она хоть и не изменяет своего объема и формы, но тем не менее очень сильно способна изменять тембр голоса и даже участвует в образовании гласных и согласных. Осуществляется это благодаря мягкому небу, которое регулирует степень акустической взаимосвязи носовой полости с рото-глоточным резонатором. Шведский акустик Г. Фант считает, что если бы носовой полости не существовало, то все расчеты по созданию говорящей машины, а также машины, «понимающей» речь человека, были бы несравненно проще. Как показывает практика вокалистов, носовой резонатор имеет большое значение и в пении: певцы пользуются им для изменения тембра голоса (Ермолаев, Морозов, Парашина, 1964). При заболевании носа, как известно, резко изменяется тембр речевого и певческого голоса. Ленинградский профессор-отоларинголог В. Г. Ермолаев, осмотревший за время своей многолетней практики немало певцов, утверждает, что «хороших певцов с „плохим" носом, как правило, не бывает». Недаром же старые, опытные педагоги говорили: «Певец, береги свою носоглотку, как скрипач бережет свой страдивариус!». В то же время злоупотребление носовым резонатором (на языке вокалистов это называется «загнать голос в ноздрию») считается большим злом.

Какой же из резонаторов усиливает высокую певческую форманту и придает голосу звонкость? Ответ на этот вопрос получен московским исследователем Л. Б. Дмитриевым (1955, 1962, 1964). Рассматривая голосовой аппарат певцов под рентгеном, он обнаружил, что у лучших из них во время пения образуется небольшая надгортанная полость. Сверху эта полость отделяется от гортани сужением, образуемым надгортанником и мягкими тканями черпаловидных хрящей. Расчеты показывают, что размеры этой полости как раз соответствуют резонированию высокой певческой форманты.

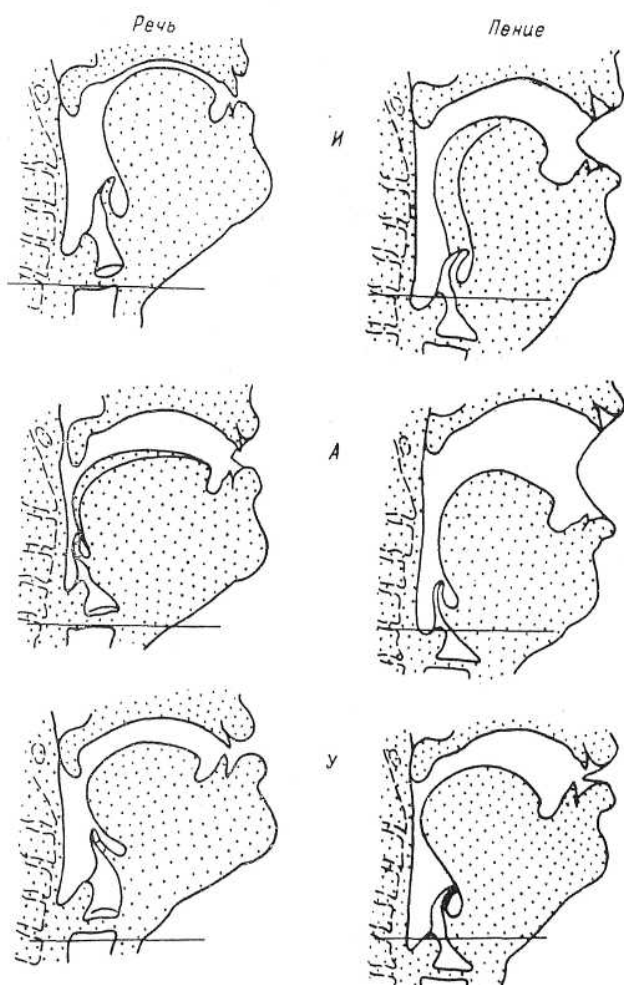


Рис. 31.

Образование надгортанной полости путем сужения входа в гортань (квалифицированный певец) при переходе от речевой фонации гласных к пению (по Л. Б. Дмитриеву, 1964).

Несколько другой точки зрения относительно происхождения высокой певческой форманты придерживается Е. А. Рудаков из акустической лаборатории Московской консерватории. Он считает, что высокая певческая форманта есть результат трения воздушной струи о края голосовых связок, т. е. природа ее образования подобна природе обычного свиста. Именно поэтому, считает Е. А. Рудаков (1964), частота высокой певческой форманты не зависит от изменений размеров резонаторов, которые происходят во время пения различных гласных и разных по высоте нот. Однако обе эти точки зрения по происхождению высокой певческой форманты не противоречат друг другу. Ведь мы знаем, что при образовании звука в свистках резонаторы играют весьма существенную роль. Большое значение для образования голоса, особенно в пении, играет грудной резонатор. А. Крейдль, например, считает, что «... резонанс полостей, лежащих выше гортани, отступает совершенно на задний план сравнительно с могучим резонансом грудной полости, действующей в целом как резонирующий ящик и придающей грудному голосу свойственную ему силу».

А как же образуется вибрато? Физиологическая природа вибрато певческого голоса изучена крайне недостаточно. И. И. Левидов (1939) усматривал причину вибрато голоса в асинхронизме колебаний одной связки по отношению к другой, в результате чего, по его мнению, возникает интерференция и биения звука. Несмотря на то что асинхронизм колебаний голосовых связок наблюдается довольно часто при помощи стробоскопа, объяснение Леви-дова не имеет достаточных оснований, так как нельзя предположить, что каждая из двух колеблющихся голосовых связок самостоятельно создает звук своей собственной частоты колебаний. Действительной причиной вибрато певческого голоса скорее всего следует считать деятельность всего комплекса звукообразующего аппарата, и в частности периодические, происходящие с частотой вибрато движения гортани, изменения объема резонаторных полостей и содружественные движения дыхательной мускулатуры. Движения эти нередко можно наблюдать у певцов простым глазом, а более

точно обнаруживаются они при помощи специальной аппаратуры. Таким образом, голосовой аппарат человека располагает целой системой приспособлений, служащих для акустической «раскраски» звуков.

Электронное ухо исследует резонаторы

Если во время речи или пения приложить руку к груди или гортани, то можно ощутить ясно выраженное мелкое дрожание этих поверхностей. Явление это часто называют «голосовым дрожанием» или "грудным дрожанием», если дело касается дрожания грудной клетки. В старых учебниках физиологии дрожание грудной клетки известно под термином *fremitus pectorales*. Условимся называть эти дрожательные колебания поверхности голосового аппарата вибрационными колебаниями или просто вибрацией и не будем смешивать этот термин с термином вибрато певческого голоса, обозначающим, как мы уже знаем, совсем другое явление.

Каковы же происхождение и сила этих вибрационных колебаний? Каковы их особенности в разных участках голосового тракта, и, наконец, что дает певцу ощущение этих вибрационных колебаний во время пения?

Обычно происхождение вибрационных колебаний вокальные педагоги связывают с явлением резонанса в полостях голосового тракта. Что это так и есть, было показано опять-таки еще Гельмгольцем. Если резонатор резонирует, то стенки его приходят в сотрясение, соколебание с воздушной массой резонатора. Вибрация стенок резонатора, по предложению Гельмгольца, легко обнаруживается довольно простым способом: маленький сургучный шарик, подвешенный на ниточке и касающийся стенки резонатора, заметно отпрыгивает, как только резонатор начинает резонировать. Поэтому вокальные педагоги, конечно, правы, когда судят о грудном резонансе по силе грудного дрожания, а о резонансе в верхних полостях — по вибрации лицевых частей. Нужно, конечно, при этом учитывать, что вибрационные колебания могут распространяться от источника этих колебаний — гортани — непосредственно и по твердым тканям нашего тела. Зависят вибрационные колебания и от свойств тканей резонаторов; толстые и мягкие стенки поглощают вибрационные колебания больше, а тонкие — меньше.

Если судить о силе вибрационных колебаний, прикладывая к груди или гортани руку, как это делают сами певцы, то это оказывается не очень-то объективным и точным методом оценки работы резонаторов.

Каким же тогда путем исследовать резонаторы? Говорят, что великие скрипичные мастера прошлого — Страдивари и Гварнери — при изготовлении скрипки постоянно выстукивали и выслушивали ее корпус, стараясь определить, как он резонирует. А почему бы и нам не воспользоваться для выслушивания резонаторов певца нашим собственным ухом, вооружив его для надежности, например, фонендоскопом, каким пользуется врач при выслушивании больного? Как, вероятно, читателю ясно, метод фонендоскопа здесь неприменим, так как сильный внешний звук голоса певца помешал бы нам услышать значительно ослабленные тканями тела звуки внутри голосового тракта. Недаром же врач при выслушивании больного просит тишины! Как же быть в таком случае? Вот здесь-то нам на помощь и приходит современная электрофизиологическая техника исследования.

Чтобы объективно и точно исследовать силу и форму вибрационных колебаний резонаторов певца, мы применили специальные виброчувствительные элементы — вибродатчики, изготовленные примерно по такому же принципу, как и головки адаптеров в современных радиолах или как, например, ларингофоны, употребляемые летчиками для переговоров с землей (Морозов, 1959). Основой этих датчиков служит кристалл сегнетовой соли, так называемый пьезокристалл, обладающий чудесным свойством генерировать, производить электрические колебания, пропорциональные его сотрясениям. Поэтому кристаллы эти, в сущности, представляют собой своеобразные миниатюрные электростанции. Будучи приложены к вибрирующей поверхности, например к грудной клетке певца или к верхним резонаторам, они преобразуют механические вибрационные колебания тела в электрические колебания соответствующей силы и частоты. Важно заметить, что эти вибродатчики сконструированы таким образом, что они практически оказываются «глухими» к окружающим звукам при очень хорошей чувствительности к вибрации. Вот это-то свойство «электронных ушей» и оказывается для нас очень ценным: благодаря ему мы и можем подслушать, что творится в различных участках голосового тракта певца во время пения, узнать, как работают различные резонаторы. Для этого нам достаточно приложить вибродатчик к резонатору и записать сигналы от него на магнитофонную ленту. Давайте теперь включим магнитофон и послушаем магнитную запись резонаторов. Слышится легкий, звенящий, очень богатый высокими обертонами звук. Все гласные и согласные отчетливо прослушиваются. Слова арии хорошо разбираются. Это звучат верхние резонаторы певца, которые мы выслушиваем через ткани лицевой поверхности. Недаром же верхние резонаторы часто называют форматорами

гласных. В этом мы легко убеждаемся, выслушивая изолированное звучание верхних резонаторов.

А вот глухой, массивный звук, похожий на гудение. Гласные почти невозможно различить, настолько они похожи друг на друга, слова не разобрать. Это мы поместили наше «электронное ухо» на поверхность грудной клетки певца, его грудного резонатора, или, как говорят, ренфор-сатора, т. е. усилителя звука. Звуки же, «снятые» с области гортани, отличаются резкостью и сильно выраженным гортанным тембром.

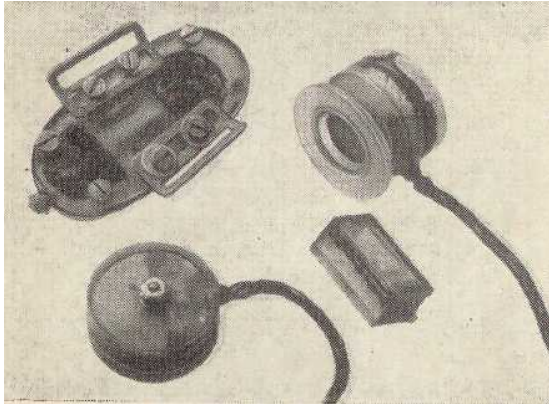


Рис. 32.

Различные конструкции пьезокристаллических вибродатчиков для исследования вибрации резонаторов у человека.

Для регистрации работы резонаторов вибродатчики можно комбинировать не только с магнитофоном, но и с другими регистрирующими приборами, например с осциллографами, подобными тем, которые применяются для регистрации кардиограммы, или со спектрометром. Засняв спектрограммы, мы убеждаемся, что в вибрационных колебаниях верхнего резонатора содержится большое число высоких обертонов, в то время как в колебаниях грудного резонатора преобладают низкие частоты, главным образом лежащие в области низкой певческой форманты (рис. 33). Последнее обстоятельство позволяет подозревать, что низкая певческая форманта связана по своему происхождению с грудным резонатором, а не с глоткой, как иногда считается.

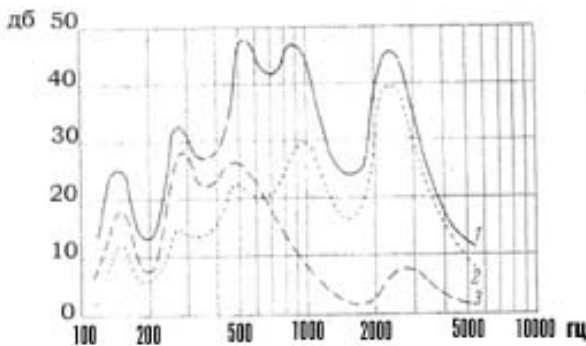


Рис. 33.

Спектры вибрации верхних резонаторов в области лицевых костей черепа (2) и грудного резонатора на середине грудины (3) в сравнении со спектром звука голоса (1). (Бас, квалифицированный Певец, гласный А, нота do1).

Исследования вибрации резонаторов при помощи вибродатчиков показали, что у хороших певцов стенки резонаторов вибрируют очень сильно. Воздействуя на ткани нашего тела, вибрация вызывает у нас своеобразные вибрационные ощущения.

Иногда считается, что эта вибрация резонаторов является бесполезной тратой акустической энергии голосового аппарата, идущей на «раскачку» костно-мышечных тканей. Может быть, с точки зрения чистой механики это утверждение и имеет некоторые основания. Однако с точки зрения физиологии согласиться с таким утверждением нельзя. В настоящее время твердо доказана важнейшая роль восприятия этих вибрационных колебаний чувствительными нервными окончаниями и влияние их на механизмы регулирования голосовой функции певца. Подробнее об этом рассказывается в разделах «Слушание через кожу», «Что такое „маска“?» и «Обратные связи голоса».

ИСКУССТВО ПЕНИЯ — ИСКУССТВО ДЫХАНИЯ

*На умении набрать достаточно воздуха и умении
его правильно и экономно использовать зиждется все
искусство пения.*

Э. Карузо.

Пока шли споры...

Искусство пения — это искусство дыхания. Вот итог, к которому пришли певцы различных стран за много столетий своей многообразной певческой практики. Дыхание певца — это предмет наиболее частых обсуждений, высказываний, описаний и наиболее яростных споров во все времена и эпохи.

Голос, как известно, рождается в результате взаимодействия колеблющихся голосовых связок с воздушной дыхательной струей, проходящей через их сомкнутые края. Если нет этого воздушного потока, то голос не образуется, несмотря на то что колебания голосовых связок, как это утверждает теория Юссона, в принципе могут осуществляться и без тока воздуха. Таким образом, дыхательный аппарат певца — легкие с многочисленными дыхательными мышцами — совершенно справедливо сравнивается по своей роли с мехами музыкальных инструментов, т. е. является энергетической системой голоса.

Если с точки зрения чистой механики кажется совершенно безразлично, каким путем легкие-меха создают подвязочное воздушное давление, то с физиологической точки зрения и на практике оказывается, что способ создания и поддержания этого подвязочного давления во время пения для певца является решающим, т. е. определяет совершенство и долговечность его голоса. С одной стороны, это объясняется тем, что работа дыхательного аппарата огромным количеством нервнорефлекторных зависимостей связана с деятельностью собственно звукообразующих органов — гортани и резонаторов и в значительной мере определяет эту деятельность, хотя и сама зависит от нее. С другой стороны, сама по себе работа дыхательного аппарата очень сложна: она зависит не только от деятельности произвольно управляемых так называемых поперечнополосатых (скелетных) мышечных волокон, но и целой системы непосредственно не подчиняющихся нашему волевому импульсу, так называемых гладких мышечных волокон, из которых состоят стенки крупных и мелких бронхов.

В последнее время взгляды на важную роль певческого дыхания начинают подвергаться пересмотру. Пока в науке шли споры о том, прав или не прав Р. Юссон, его идеи успели проникнуть в искусство и завоевать там много сторонников среди вокальных педагогов. Некоторые из них поспешили сделать из новой теории не совсем правильные выводы. Раз научно доказано, решили они, что голосовые связки могут колебаться без всякого участия воздуха (т. е. под действием нервных импульсов из головного мозга), то стоит ли заботиться о воспитании правильного певческого дыхания? Ведь, по Юссону, не дыхание колеблет голосовые связки, а голосовые связки, активно сокращаясь, колеблют воздушную струю. Взгляды эти не имеют никакого научного основания. Во-первых, как мы видели на опыте, голосовые связки чутко реагируют на величину подвязочного давления, во-вторых, без дыхательной струи голосовые связки вообще не образуют никакого звука, хотя и колеблются, и, наконец, в-третьих, сам автор новой теории Р. Юссон не раз высказывался, что в свете его исследований певческому дыханию следует придавать ничуть не меньшее (если не большее) значение. Кроме того, что правильное певческое дыхание создает необходимые аэродинамические условия для колебания голосовых связок и образования звука, работа дыхательного аппарата во время пения является также мощным физиологическим стимулятором голосовой функции: действуя на рецепторы легких, трахеи и гортани, дыхание рефлекторным путем оказывает сильное тонизирующее влияние на голосовые связки. Но, как показывает опыт, не всякое дыхание благоприятствует свободному и естественному звукообразованию. Наука о правильном певческом дыхании имеет свои секреты, о которых мы поговорим позднее. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что с опубликованием работ Юссона знаменитый тезис педагогов прош-лого «искусство пения — это искусство дыхания» не утратил своего значения и в наши дни.

О чем рассказывают дыхательные кривые

Исследованию дыхательных движений у певцов посвящено немало работ. Большинство из них выполнено при помощи так называемых пневмографов — аппаратов, служат их для преобразования дыхательных движений грудной клетки человека в движения специальных перьев, вычерчивающих на бумаге узоры дыхательных кривых. На теле испытуемого укрепляются специальные, наполненные воздухом пояса или капсулы. Во время вдоха, когда стенки грудной клетки раздвигаются и объем ее увеличивается, воздушное давление в капсулах или поясах повышается и по резиновым трубкам передается к так называемым капсулам Маррея, которые и заставляют двигаться перья, вычерчивающие дыхательные кривые.

Существенный недостаток большинства аппаратов для записи дыхания заключается в том, что дыхательные движения регистрируются, во-первых, не всегда достаточно полно (часто употребляется только один пояс), а во-вторых, изолированно от звука, т. е. без одновременной регистрации звука голоса, что создает известные трудности и расшифровке дыхательных кривых.

В нашей лаборатории был сконструирован прибор, имеющий семь чернильно-пишущих перьев и позволяющий одновременно регистрировать не менее шести процессов (Морозов, 1957). В отличие от обычных аппаратов для записи дыхания данный прибор, кроме дыхательных движений, позволяет регистрировать на одной и той же бумажной ленте еще и силу голоса певца в относительных единицах, а также интенсивность вибрации резонаторов его голосового аппарата (также в относительных единицах). Это дает возможность длительное время непрерывно и одновременно регистрировать все эти показатели, проследить, как изменяется каждый из них в отдельности и какова между ними зависимость.

Дыхательные движения регистрируются при помощи пояса каркасного типа с капсулами, расположенными на различных участках тела певца. Пояс позволяет совершенно независимо регистрировать амплитуду дыхательных движений на уровне верхней части грудной клетки, нижних ребер, подложечки и нижней части брюшного пресса (рис. 34).

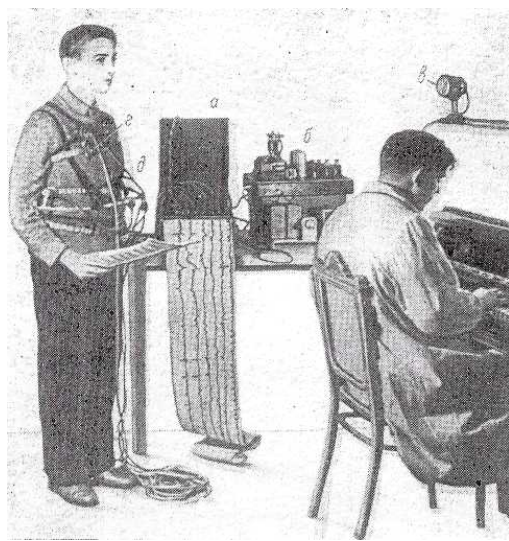


Рис. 34.

Обстановка опыта при исследовании дыхательных движений, уровня силы голоса и интенсивности вибрации резонаторов во время пения.

а — чернильнопишущий аппарат для одновременной регистрации дыхательных движений, уровня силы голоса и вибрации резонаторов; б — двухканальный усилитель; в — микрофон; г — вибродатчик; д — пояс с воздушными капсулами. Справа за роялем сидит аккомпаниатор.

В последнее время автором этой книги (Морозов, 1964в) разработан и применяется метод регистрации дыхательных движений на магнитофонной ленте одновременно с записью на эту же ленту и звука голоса певца. Этот метод позволяет производить

Примечание [MN1]: 1
Принцип магнитофонной регистрации дыхательных движений заключается в записи на магнитную ленту тонального сигнала, модулированного по амплитуде дыхательными движениями певца. (этой целью на теле певца размещается датчик-модулятор потенциометрического типа (рис. 35, 1), преобразующий дыхательные изменения электрического сигнала. Применение двухдорожечного стереофонического магнитофона типа «Яуза-Юл» обеспечивает возможность на одной из дорожек производить этим методом запись дыхательных движений, в то время как другая дорожка остается свободной для записи и воспроизведения голоса певца.

многократные и детальные сопоставления характера дыхательных кривых в определенный момент пения с особенностями голоса в этот же момент — силой, высотой, спектральным составом звука и т. д.

Каковы же результаты исследования дыхания у певцов?



Рис. 35.

Запись дыхательных движений на магнитофонную ленту одновременно со звуком голоса.

1 — датчик дыхательных движений.

Особенностью дыхательных движений неопытных певцов является большой размах этих движений и быстрый спад дыхательных кривых по мере фонации, что можно наблюдать, например, на рис. 36. о. Это говорит о быстром спадении стенок грудной клетки и утечке фонационного дыхания. Звукообразование у этих певцов происходит на выдохе. О качестве звука здесь, конечно, не может быть и речи: звук «сырой», тяжелый, со многими шумовыми призвуками, характеризирующими, как говорят, «дикий воздух», т. е. его утечку сквозь недостаточно плотно сомкнутые голосовые связки. Этот тип дыхания характерен для самых неквалифицированных певцов. В чистой форме этот тип дыхательных движений продемонстрирует вам любой человек, который никогда в жизни не мечтал стать певцом и которого вы уговорите участвовать в ваших опытах в качестве «неопытного певца».

Но если человек хоть когда-нибудь слышал разговоры о технике певческого дыхания и тем более пытался петь сам, он, наверное, знает, что петь на выдохе — большое зло, нужно экономить воздух, т. е. задерживать дыхание. Поэтому второй тип певцов и характеризуется уже стремлением задерживать дыхание.

Здесь встречаются уже более разнообразные формы задержки, но одна из типичных — это задержка в фазе максимального вдоха. Объективно это выражается в том, что кривые дыхательных движений резко взмывают вверх (предфонационный вдох) и с началом фонации идут горизонтально (дыхание «держится»). Происходит это в результате того, что грудная клетка фиксируется в состоянии максимального вдоха благодаря активному напряжению всех мышц-вдыхателей. Это вызывает у певца вполне закономерное ощущение вдоха во время фонации, но вдоха чрезмерного, переполненного. И ему не менее расход воздуха при пении на таком максимальном вдохе происходит неэкономно, и буквально уже через несколько секунд удержать стенки дыхательного аппарата в этом состоянии становится совершенно невозможно: мы видим, как перья, вычерчивающие дыхательные кривые, одно за другим начинают клониться книзу, а вслед за ними и дыхательные кривые меняют свое направление с горизонтального на наклонное. Этот второй тип дыхания с физиологической точки зрения далек от совершенства, но тем не менее он довольно часто встречается у певцов. Голос при таком типе дыхания, как правило, форсированный, имеет трескучий оттенок.

Какие же дыхательные движения характерны для опытных певцов? Несмотря на большое разнообразие и индивидуальность этих движений, можно обнаружить здесь и

некоторые общие черты. При выполнении того же задания (тянуть звук с одинаковой силой) у опытных певцов, как правило, наблюдается очень незначительный спад дыхательных кривых (рис. 36. а). Это говорит в первую очередь о большой экономии расходования воздуха опытными певцами. По собственному признанию Э. Ка-рузо, он стремился использовать для звукообразования «каждую частицу воздуха», выходящего из легких. Многие старые педагоги для контроля правильности звукообразования ставили перед ртом певца зажженную свечку: если пламя свечи во время пения не колебалось — значит, расход воздуха экономный, утечки нет, звукообразование правильное. Если же дыхание перегруженное, форсированное, голосовые связки с ним не справляются и пропускают «дикий» воздух, то пламя свечи немедленно об этом даст знать (Ламперти, 1913).

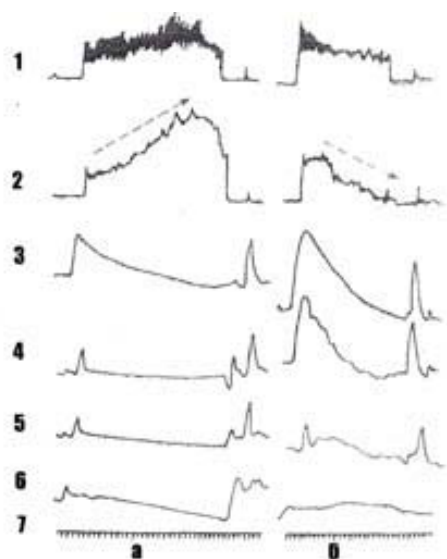


Рис. 36,

Кривые записи дыхательных движений квалифицированного (а) и неквалифицированного (б) певцов с одновременной регистрацией уровня голоса и интенсивности вибрации грудного резонатора.

- 1 - уровень силы голоса;
- 2 - интенсивность вибрации грудного резонатора;
- 3 - 6 - дыхательные движения:
- 3 - верхней части грудной клетки.
- 4 - нижних ребер,
- 5 -- подложечки,
- 6 - низа живота.
- 7 - отметки времени через 1 сек.

Каким же путем удастся опытным певцам воспрепятствовать сильному спадению стенок грудной клетки во время фонации? Объясняется это, по наш взгляд, тем обстоятельством, что фиксация дыхательного аппарата в состоянии вдоха у хороших певцов происходит не в (разе максимального вдоха, как у неопытных певцов, а скорее в фазе оптимального, очень умеренного вдоха. Удержать стенки грудной клетки от спадения, а следовательно, и сэкономить расход воздуха в этом положении несравненно легче, что и наблюдается у хороших певцов. Этой особенностью дыхания опытных певцов, по-видимому, объясняется незаметность их дыхания для постороннего взгляда. Понаблюдайте за хорошим певцом на сцене: вы не увидите никаких чрезмерных и резких дыхательных движений. Певец как будто бы «не дышит», хотя голос его льется непрерывной струей. Вместе с тем дыхание неопытного певца легко обнаружить простым глазом: плечи у него высоко поднимаются при каждом вдохе. Недаром в вокальной педагогике подобные дыхательные движения плечей считаются признаком заведомо-неправильного дыхания.

У некоторых опытных певцов мы могли зафиксировать характерные дыхательные движения перед самым началом фонации: кривая, например, нижних ребер сначала идет круто вверх, затем сразу же вниз до своего среднего уровня и только тогда начинается фонация. Подобное предфонационное движение можно наблюдать на рис. 36, 4. Значит, у этого певца ребра перед фонацией сделали «вдох», но не остались в состоянии максимального вдоха, а тут же опустились до состояния среднего умеренного вдоха. Далее началась фонация, но ребра певца не спадают: они уверенно удерживаются в прежнем положении до конца ноты. С окончанием же звука они не только сразу же поднимаются, характеризую вдох, но сначала даже несколько опускаются, «выдыхают», после чего только и начинается вдох и нормальное жизненное дыхание.

Мало того, у некоторых певцов нам удалось обнаружить не только неспадение нижних ребер во время фонации, но даже некоторое раздвижение их в стороны. Едва заметную тенденцию этих в буквальном смысле парадоксальных движений дыхательного

аппарата можно подметить на рис. 36, 4. Аппарат, однако, позволяет обнаружить, что не все дыхательные кривые ведут себя одинаково: между ними могут быть расхождения, зависящие от индивидуальных особенностей дыхания певца.

В вокальной педагогике часто говорится о трех типах дыхания певца: верхнегрудном, грудобрюшном (среднем) и нижебрюшном. Следует, однако, заметить, что в чистом виде эти типы дыхательных движений не существуют, так как при дыхании певца всегда колеблются все участки тела. В то же время замечено, что у хороших певцов движения в области верхней части грудной клетки минимальны при хорошей подвижности в средней части туловища и низа живота. У неопытных певцов как раз наоборот: преобладает верхнегрудное дыхание при слабой подвижности нижней части грудной клетки и живота. Поскольку при верхнегрудном типе дыхания поднимается весь плечевой пояс, то этот тип дыхания нередко именуется «ключичным» или «плечевым»

О певческой опоре

С певческим дыханием связан один из самых старых, широко распространенных и вместе с тем один из наименее расшифрованных терминов, так называемая певческая опора. Термин этот происходит от итальянского *appoggiare la voce*, что значит «поддерживать голос». Профессиональное пение — это прежде всего пение на хорошей певческой опоре. Именно певческая опора придает голосу присущий ему певческий тембр, большую силу, полетность, а главное — неутомимость, т. е. важнейшие профессиональные качества.

В расшифровке термина «опора» обычно исходят из субъективных ощущений певца во время пения. Это, естественно, дает большой простор для воображения: некоторые связывают опору с работой дыхательных мышц, другие — обязательно с гортанью, третьи указывают местом певческой опоры диафрагму, четвертые — зубы, а некоторые певческую опору видят вне тела певца, относя ее к противоположной стене зала, в котором поет певец. Из этих высказываний совершенно неясно, что должно опираться и на что опираться. Даже такой опытный исследователь певческого голоса, как Л. Д. Работнов (1932), отказался в своей работе принять на вооружение понятие «певческая опора», заявив, что термин этот «неопределенный и неясный». Поэтому вполне можно согласиться с вокалистом П. А. Органовым, который считает, что в литературе до сих пор не установлены объективные признаки, определяющие понятие «певческая опора», оно толкуется произвольно, на основании личных ощущений во время пения.

Между тем термином «опора» издавна широко пользуются певцы и как будто понимают друг друга.² В чем же здесь дело? Нельзя ли попытаться выяснить, какие объективные признаки характеризуют певческую опору?

С целью решения этой задачи исследования певческой опоры были проведены при помощи уже знакомого читателю прибора для одновременной записи дыхания, голоса и резонаторов. Восьми профессиональным певцам, хорошо владеющим голосом, давалась инструкция дважды пропеть звук одинаковой силы, причем сначала «на хорошей певческой опоре», а потом «без опоры». Чтобы исключить влияние случайности, певцы пропевали звуки первым и вторым способом по три раза.

В результате был установлен любопытный факт: если во время пения «на опоре» дыхательные кривые имели сравнительно пологий уклон, говоря об экономной трате воздуха, то при пении «без опоры» все кривые круто устремились книзу, свидетельствуя о быстром спадении стенок грудной клетки, т. е. о форсированном, безудержном выдохе. В то же время звук голоса на опоре — яркий, звонкий, плотный (насыщенный обертонами) при пении без опоры превращался в вялый, безжизненный, тусклый, часто без вибрато или с очень нерегулярным, неустойчивым вибрато.

Объективный акустический анализ подтверждает, что в спектре голоса на опоре хорошо выражена высокая певческая форманта, в то время как при пении без опоры уровень высокой певческой форманты закономерно снижается, что и приводит к уменьшению звонкости и полетности голоса.

Таким образом, оказалось, что пение без опоры даже опытных профессиональных певцов уподобляется пению неопытных певцов как по звучанию самого голоса, так и по характеру дыхательных движений. Отсюда можно было сделать вывод о том, что певческая опора объективно характеризуется особой организацией выдыхательного процесса во время пения, т. е. его активным торможением, выражающимся в произвольном препятствовании спадению стенок грудной клетки.

Этот вывод хорошо согласуется с практикой вокальной педагогики: многие опытные педагоги рекомендуют молодым певцам во время пения «не напирать дыханием на голосовые связки», «сдерживать дыхание» (но не «запирать» дыхание!), ощущать как бы вдох во время фонационного выдоха («вдыхательная установка»), а некоторые любители образных выражений с этой же целью требуют даже «пить звук»(!). Как мы видим, все эти рекомендации, имеющие целью активизировать выдыхательный процесс во время фонационного выдоха, и предназначены в конечном итоге для того, чтобы обучить певца петь на опоре. Опытные педагоги, однако, при этом предостерегают, чтобы дыхание не запыралось, не закрепишалось, т. е. лилось свободно и эластично, а мышцы дыхательного аппарата не были скованы. Таким образом, физиологическая сущность «вдыхательной установки» заключается в обеспечении наилучшего контроля за выдыхаемым воздухом с целью его наибольшей экономии, а главное — в создании оптимального давления на голосовые связки. Однако сущность певческой опоры этим не исчерпывается.

Следует обратить внимание еще на один экспериментально полученный факт, ранее неизвестный, но также имеющий отношение к опоре. Как уже говорилось, одновременно с дыхательными движениями у певцов прибор регистрировал силу звука голоса и вибрацию резонаторов. Было обнаружено, что при пении на опоре вибрация, в частности грудного резонатора, имеет тенденцию усиливаться, по мере того как звук взят и тянется с оди-

Примечание [MN1]:

2. Как пишет Ф. И. Шалапин в своих воспоминаниях, его учитель тенор Д. А. Усатов, слыша, что голос ученика начинает слабеет, наотмашь бил ученика в грудь и кричал: «Опирайте, черт вас возьми! Опирайте!». И Шалапин «опирал». «Оказалось, — пишет он, — надобно было опирать звук на дыхание, концентрировать его» (1958, стр. 118).

наковой или несколько увеличивающейся силой. Это усиление вибрации грудного резонатора на рис. 36 отмечено пунктирной стрелкой, устремленной вверх. При пении же без опоры у всех без исключения опытных певцов была обнаружена картина, свойственная неопытным певцам: вибрация грудного резонатора по мере пения ноты совершенно отчетливо уменьшалась (пунктирная стрелка устремлена наклонно вниз). Заметим, что если стенки резонаторов сильно вибрируют (дрожат), то вибрационное чувство немедленно даст об этом знать нашему сознанию, и мы испытаем своеобразное ощущение вибрации соответствующих участков тела. Если же резонаторы вибрируют слабо, то и вибрационные ощущения оказываются слабыми. Ясно, что прогрессирующее ослабление вибрации резонаторов или ее усиление также находит отражение в нашем сознании.

Эти экспериментальные факты подтверждаются в высказываниях опытных вокалистов. Некоторые из них рекомендуют певцам при пении ощущать «прогрессирующее усиление опоры». Так, например, заслуженный деятель искусств УССР П. В. Голубев, у которого в свое время обучался пению ныне народный артист СССР Б. Р. Гмыря, считает, что «стремление удерживать звук на одной силе, несмотря на непрерывный расход запаса воздуха, дает особо ценное ощущение нормально прогрессирующей „опоры“, регулируемой волей поющего» (1956, стр. 31).

При сопоставлении этих высказываний опытных практиков вокального искусства с результатами экспериментальных исследований невольно возникает предположение о том, что ощущение «прогрессирующей опоры» при правильном пении является результатом прогрессирующего усиления вибрации резонаторов (как показали дальнейшие исследования, прогрессирующей характер носит вибрация не только грудного резонатора, но и верхних резонаторов при пении на опоре).

Это усиление вибрации резонаторов при пении на опоре, по-видимому, связано с увеличением акустического импеданса (сопротивления) голосообразующего тракта певца и соответственным увеличением акустической мощности голосового аппарата. Как будет показано ниже, явление это имеет большое физиологическое значение.

Теперь попытаемся суммировать все то, что дают нам эти опыты и наблюдения. С одной стороны, объективным признаком «опоры» является особая мышечная деятельность дыхательного аппарата. Следовательно, субъективное ощущение опоры вполне естественно формируется из этих мышечных ощущений. С другой стороны, не менее объективным и важным признаком опоры является усиленная вибрация всех резонаторов певца. Поскольку же у нас есть специальный анализатор, воспринимающий вибрацию, — вибрационное чувство, то, следовательно, эти вибрационные ощущения наряду с мышечными входят как компонент в ощущение певческой опоры. Таким образом, ощущение опоры является не просто мышечным, как это часто считается, а сложным — мышечно-вибрационным и отражает деятельность не только дыхательного аппарата как «мехов», но и работу резонаторов, в особенности грудного. Что же касается сущности самого физиологического механизма певческой опоры, то она заключается не только в обеспечении равномерного (эластичного) и экономного выдоха, но в особой организации всей резонаторной системы, обеспечивающей наилучшее резонирование звука во всех резонаторах и наибольшую акустическую мощность голосового аппарата. Необходимость одновременного выполнения этих двух задач и является причиной трудностей при овладении певческой опорой.

Из практики известно, что научить певца петь на хорошей опоре — дело не простое. Рекомендация всевозможных чисто мышечных ощущений («как будто вы поднимаете рояль», «как будто вы натуживаетесь», «как будто у вас в руках тяжелые чемоданы» и т. д.) здесь сплошь и рядом делу не помогает. Неэффективной часто оказывается и рекомендация «вдыхательной установки», «задержки дыхания» и т. д. Ученик старательно воспроизводит все эти «как будто», но певческой опоры не достигается. Вполне естественно, что происходит это из-за недостаточно точной трактовки понятия «опора», и в частности из-за недооценки роли вибрационного компонента в ощущениях певческой опоры: ведь вибрационные раздражения отражают работу резонаторов, и, следовательно, певец, ориентируясь на эти вибрационные раздражения, может сознательно управлять настройкой резонаторов и корректировать эту настройку в процессе звучания. Если мышечное чувство сообщает сознанию певца о том, как работают «меха», то на вибрационной чувствительности лежит не менее важная задача — контроль за работой резонаторов.

К сожалению, «вибрационными ощущениями» вокальные педагоги (не в пример слуховым и мышечным ощущениям) оперируют сравнительно редко. Между тем удельный вес вибрационных ощущений в пении неизмеримо возрастает по сравнению с речью. Как уже говорилось, это является результатом, с одной стороны, максимальной активизации всей резонаторной системы голосового аппарата, а с другой — значительного увеличения мощности певческого голоса по сравнению с мощностью обычной разговорной речи. В связи с этим вибрационные раздражения в пении возрастают по силе и распространяются на значительно большие участки тела, ощущаясь певцом не только в области голосового

аппарата, но и в самых отдаленных участках тела. Именно эти вибрационные ощущения оказываются доминирующими в ощущении певческой опоры. Именно эти вибрационные ощущения вызвали к жизни и такие часто употребляемые выражения, как «поет весь организм», «певец должен чувствовать опору в ногах» и т. д. По этому поводу Э. Карузо в своей книге «Как надо петь» писал, что «необходимо ощущать звучание всем своим существом, иначе в звуке не будет чувства, волнения и силы». Заметим, что «ощущать звучание всем своим существом» можно не иначе, как при помощи вибрационных рецепторов — этих рассеянных по всему нашему телу микроскопических чувствительных образований, давших начало слуху.

Парадоксальное дыхание

...при подобном парадоксальном дыхании стенки грудной клетки и подложечки почти не двигаются.

Л.Д.Работнов

«Вы пользуетесь парадоксальным типом певческого дыхания!» — эти слова некоторые певцы воспримут как значительно более высокую оценку их вокальных способностей, чем все восторги дилетантов, расточаемые по поводу самого пения. Термин «парадоксальное дыхание» принадлежит Л. Д. Работнову. В чем же смысл парадоксального дыхания?

Обычная схема работы дыхательного аппарата (схема Дондерса) говорит, что во время вдоха стенки грудной клетки расширяются, увеличивая объем грудной полости, а диафрагма опускается. Во время выдоха происходит обратное явление: стенки грудной клетки спадают, а диафрагма поднимается.

В этой схеме легочной ткани, состоящей из альвеол, бронхиол и бронхов, отводится пассивная роль: легкие наполняются воздухом и спадают, пассивно следуя за изменением объема грудной клетки, происходящим под действием межреберной мускулатуры и диафрагмы.

В результате исследования большого количества певцов Л. Д. Работнову (1932) удалось показать, что у некоторых из них, обладавших особо высокой техникой певческого голосообразования (а таких он обнаружил не более 2—3 из ста обследованных), стенки грудной клетки и живота во время фонации вообще не спадают, о чем говорят дыхательные кривые, идущие строго горизонтально и параллельно. Это необычное явление и дало основание Работнову назвать подобный тип дыхания парадоксальным (рис. 37). Неподвижность грудной клетки при парадоксальном дыхании Л. Д. Работнов объясняет особо развитой функцией у этих певцов гладкой бронхиальной мускулатуры, активное сокращение которой и является, по его мнению, главной силой регулирования подсвязочного давления.

Второй важнейшей силой, поддерживающей уровень необходимого подсвязочного давления в процессе пения, является, по данным Л. Д. Работнова, грудобрюшная преграда — диафрагма. Парадоксальность движений диафрагмы, по Работнову, заключается в известной независимости ее движений от дыхательных экскурсий грудной клетки (несоответствие схеме Дондерса). Работнов считал, что регулирующая функция гладкой мускулатуры бронхов - и диафрагмы наилучшим образом проявляется именно при неподвижности стенок грудной клетки и живота.

Гипотеза о парадоксальном дыхании вызвала большую дискуссию, которая продолжается еще и в настоящее время. Это, однако, не мешает певцам широко пользоваться термином «парадоксальное дыхание» и изыскивать всевозможные способы его развития.

В чем же заключается дискуссионность концепции Работнова о парадоксальном дыхании и каковы современные взгляды на его теорию?

Одно из возражений, выдвигаемых оппонентами, заключается в том, что абсолютной неподвижности всех стенок грудной клетки и живота у певцов обнаружить не удастся (Сергиевский, Борисова, 1963). Как уже говорилось, у хороших певцов наблюдается чрезвычайно замедленный пологий спад дыхательных кривых по сравнению с неопытными певцами, что свидетельствует об экономичной трате дыхания. Можно даже наблюдать, что некоторые элементы грудной клетки (например, нижние ребра) могут действительно оставаться в почти полной неподвижности в процессе фонации и даже обнаруживать некоторую «парадоксальную» тенденцию к раздвижению в стороны во время фонационного выдоха (рис. 36, 4). Однако при этом другие части грудной клетки и стенки живота, как говорят кривые, неизбежно спадают, свидетельствуя об уменьшении общего объема грудной полости. Можно выдвинуть только два объяснения этому явлению: либо в руки исследователей не попадали певцы, обладающие классическим типом парадоксального дыхания, либо у Работнова была недостаточно чувствительная пневмографическая система. Ко второму объяснению склоняется, в частности, такой авторитетный исследователь дыхательной функции человека, как М. В. Сергиевский. В настоящее время разработаны чрезвычайно чувствительные и точные аппараты для регистрации дыхания

(Кожевников с соавторами, 1966), применение которых в решении вопроса о парадоксальном дыхании было бы весьма полезным.

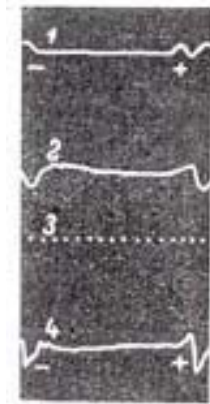


Рис. 37.

Кривые записи парадоксального дыхания певца (по Л. Д. Работнову, 1932).

- 1 — грудь;
- 2 — подложечка;
- 3 — отметка времени;
- 4 — живот.

Знак «плюс» — начало фонации, знак «минус» — конец фонации.

Однако регистрация внешних дыхательных движений еще не отражает всей сложности дыхательного механизма, поскольку в нем участвует диафрагма, скрытая от непосредственного наблюдения. Незаменимым методом исследования в этом отношении является рентгеновский метод. Применение рентгена позволило профессору Н. И. Жинкину (1958) обнаружить чрезвычайно любопытные движения диафрагмы, которые он назвал парадоксальными (рис. 38). Правда, сразу же оговоримся: это парадоксальные движения диафрагмы не в процессе пения, а при обычной речи, но это тоже очень важно, так как связано с процессом фонации.

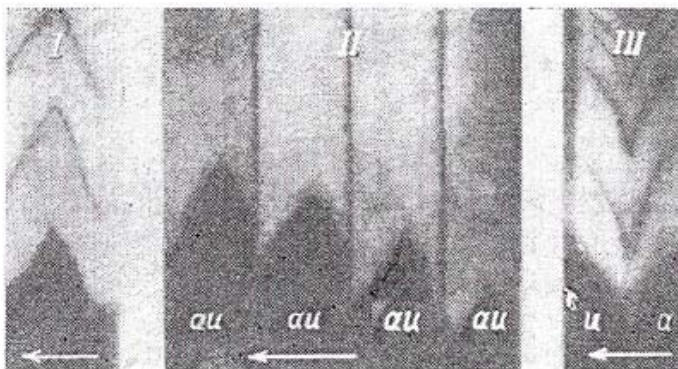


Рис. 38.

Рентгенограммы парадоксальных движений диафрагмы в процессе звукопроизношения (по Н. И. Жинкину, 1958).

Объяснение в тексте.

Рентгенограммы движений диафрагмы были засняты следующим образом: между экраном рентгеновского аппарата, на котором виднеется изображение легких с диафрагмой и фотопластинкой, приближенной к экрану, имеется пластинка из свинца, не пропускающая, как известно, рентгеновских лучей. В этой свинцовой пластинке проделана узкая (шириной 1 мм) вертикальная щель, через которую рентгеновские лучи проходят и засвечивают пленку. Если теперь фотопластинку двигать в горизонтальном направлении, то вертикальные движения диафрагмы изобразятся на пластинке в виде волнообразных затемнений. Затемнение в нижней части рис. 38 — это и есть диафрагма. Читать снимки нужно обязательно только справа налево, т. е. в направлении стрелки.

Посмотрим сначала, как движется диафрагма при обычном дыхании (рис. 38, I): с правого нижнего края по ходу стрелки затемнение, т. е. диафрагма, поднимается вверх. Это выдох. Потом диафрагма опускается. Это вдох. Пока что все идет, как обычно, никаких парадоксов. Но вот человека попросили произнести слитно на одном дыхании только два звука И—А (рис. 38, II). Казалось бы, в течение всего времени фонации этих звуков диафрагма должна подниматься: ведь все же происходит выдох. Но наблюдаем за диафрагмой (опять с правого нижнего края по ходу стрелки). Сначала она поднимается — это выдох во время фонации И. Но вот вслед за И начинается А, и диафрагма вдруг сначала останавливается, а потом идет... книзу! Это ясно видно на рисунке: диафрагма делает «вдох»! Может быть, человек вдохнул? Ничего подобного не

происходит: фонационный выдох на А продолжается так же, как и на И, без малейшего перерыва! Выдох продолжается, и ребра между тем послушно его продолжают, постепенно спадая, а диафрагма за это время успевает сделать и выдох и вдох, в зависимости от гласной. Это и есть парадокс речевого дыхания. Объясняется он, по мнению Н. И. Жинкина, тем обстоятельством, что различные гласные требуют создания различного подсвязочного давления, для того чтобы звучание их было приблизительно одинаковой громкости. По величине подсвязочного давления гласные располагаются в следующий ряд: А, О, Э, У, И. Для И подсвязочное давление примерно в полтора раза больше, чем для А, при одинаковой громкости звука. Почему же различные гласные требуют различного подсвязочного давления?

Методом рентгена доказано, что при фонации И речевые резонаторы представляют собой как бы узкую трубку и создают вследствие этого значительное сопротивление звуковому потоку, или, как говорят акустики, большой импеданс. Звук получается слабый, и, чтобы его усилить до необходимой величины, требуется несколько повысить подсвязочное давление. В создании этого давления диафрагма и помогает, поднимаясь вверх.

При переходе к гласной А речевые резонаторы становятся похожими на воронкообразный рупор, их акустический импеданс резко падает, подсвязочное давление, которое было хорошо для И, теперь становится избыточным, его нужно быстро уменьшить, чтобы привести в соответствие с изменившимся акустическим сопротивлением. Вот диафрагма и является той силой, которая автоматически регулирует подсвязочное давление в соответствии с условиями фонации: при переходе от И к А она быстро опускается совершенно независимо от продолжающегося выдоха, т. е. делает свое парадоксальное движение.

«Парадоксальное дыхание» диафрагмы обнаруживается не только на гласных А — И или в другой очередности — И—А (рис. 38), но и на самых различных гласных и согласных, требующих различия в подсвязочном давлении. Такая чуткость диафрагмы к характеру произносимого звука объясняется тем обстоятельством, что диафрагма, гортань и все резонаторы снабжены единой «системой управления», состоящей из многих чувствительных и двигательных нервов, сходящихся в центрах головного мозга (Сергиевский, 1950).

Автоматизм речевых движений диафрагмы имеет рефлекторную природу. В осуществлении этих рефлексов огромную роль играют не только механорецепторы самих легких и диафрагмы, но и рецепторы артикуляторных органов.

Выяснению рефлекторных зависимостей между различными участками голосообразующего аппарата в пении много места отведено в книге Л. Д. Работнова «Основы физиологии и патологии голоса певцов» (1932). Поэтому зависимость между певческим тонусом диафрагмы и высоким положением мягкого нёба, на что впервые обратил внимание Л. Д. Работнов, Ю. П. Фролов рекомендует назвать «рефлексом Работнова».

Есть основания полагать, что парадоксальные движения диафрагмы, обнаруженные в процессе обычной разговорной речи, происходят и у певцов в процессе вокальной речи,³ на что указывал Л. Д. Работнов. Смысл этих парадоксальных движений — тонкая и срочная регулировка подсвязочного давления, осуществляющаяся в определенной мере независимо от межреберной дыхательной мускулатуры.

Независимость движений диафрагмы объясняется известной обособленностью ее двигательной иннервации от иннервации межреберной мускулатуры.

Теперь нам становится ясно, почему большой перебор воздуха и пение на максимальном вдохе оказываются вредными для голоса: под влиянием сильного давления в легких и максимального раздвижения ребер диафрагма уплощается, опускается и не может совершать свои регулирующие, парадоксальные движения. Кроме того, как подметил еще Л. Д. Работнов, быстрое спадение стенок грудной клетки во время фонации в такой же мере является нежелательным, так как лишает диафрагму опоры, которая необходима ей для совершения своих парадоксальных движений. Остается один выход — сохранять во время пения состояние лишь очень умеренного вдоха, что мы и наблюдаем у квалифицированных певцов. Однако при этом абсолютной неподвижности стенок груди и живота, как это наблюдал Л. Д. Работнов, обнаружить не удается.

Эволюция дыхательной функции

Легкие человека, с помощью которых он осуществляет и пение и речь, представляют несомненно более высокую стадию развития дыхательной системы высших позвоночных, но кое-что нам досталось в наследство и от низших предков, и именно эти, не вполне еще раскрытые, возможности вызывают разногласии среди теоретиков вокального искусства.

Ю. П. Фролов.

Значительно сложнее обстоит дело с выяснением роли гладкой бронхиальной мускулатуры в процессе фонационного дыхания. Известно, что сокращения гладких мышц являются произвольными, т. е. непосредственно не подчиняются нашему сознанию, в отличие от сокращений так называемых поперечнополосатых мышц, благодаря которым осуществляются все произвольные движения человека. Мышцы рук, ног, шеи, брюшного пресса, межреберные дыхательные мышцы и диафрагма называются поперечнополосатыми (они произвольно управляемые), а мышцы, образующие стенки бронхов и бронхиол, — гладкими (произвольно не управляемые).

Гладкие мышцы в эволюционном аспекте являются более древними по происхождению, чем поперечнополосатые. Считается, что у древнейших представителей животного царства — рептилий, — современными родственниками которых являются черепахи, дыхание осуществлялось благодаря активному сокращению гладких мышц бронхов. Кроме того, бронхиальная мускулатура выполняла у рептилий важную функцию гидростатического аппарата: сокращение гладких бронхиальных мышц уменьшало объем легких, что вело в свою очередь к увеличению удельного веса животного и погружению его в воду; ослабление же гладких мышц приводило к обратному явлению — уменьшению удельного веса и всплытию (Фролов, 1949, 1966).

Эти древние функции в значительной мере давно уже утратили свое значение для человека, но тем не менее, по мнению ряда исследователей, они все еще дают о себе знать и на более высоких ступенях эволюционного развития. В частности, Л. Д. Работнов и Ю. П. Фролов считают, что, несмотря на то что у человека в процессе эволюционного развития сформировался более сложный дыхательный аппарат (подвижная грудная клетка, диафрагма), активная дыхательная функция бронхов не утратила полностью своего значения.

Деятельность гладкой бронхиальной мускулатуры находится в тесной рефлекторной зависимости от деятельности произвольной поперечнополосатой дыхательной мускулатуры. Так, например, методом рентгена установлено, что при вдохе, когда произвольные дыхательные мышцы (главным образом наружные межреберные) сокращаются, поднимая ребра и увеличивая тем самым объем грудной клетки, гладкомышечные бронхиальные волокна несколько расслабляются, увеличивая просвет бронхов и бронхиол. При выдохе же происходит обратное явление: произвольная вдыхательная мускулатура расслабляется, грудная клетка спадает, а произвольная гладкая бронхиальная мускулатура сокращается (Оганесян, 1958). Как видно, эти своеобразные отношения между произвольными (поперечнополосатыми) и произвольными (гладкими) мышцами проявляются в форме весьма рационального содружества. Впрочем, иногда бронхиальные мускулы не желают подчиняться этому содружеству; при некоторых болезнях, например бронхиальной астме, происходит стойкое сокращение гладкой мускулатуры бронхов (спазм), что и приводит к резкому ухудшению дыхательной функции. Приходится вводить больному лекарственные вещества (атропин и т. д.), расслабляющие гладкую мускулатуру бронхов, и рекомендовать специальные упражнения для налаживания утраченного «содружества» между гладкими и поперечнополосатыми мышцами.

В процессе речи и пения эти взаимоотношения между бронхиальной и произвольной мускулатурой значительно сложнее и потому чаще нарушаются. «Высшее и совершеннейшее человеческое приспособление» накладывает на дыхательный аппарат целый ряд новых обязанностей: помимо снабжения организма кислородом, возникает необходимость тонкой регуляции подсвязочного давления «по заказу» речевой функции. Вот здесь и возникают споры о роли гладкой мускулатуры бронхов. Большинство исследователей считает, что Л. Д. Работнов неправ, приписывая гладкой мускулатуре бронхов главную роль в обеспечении необходимого подсвязочного давления (Сергиевский

и Борисова, 1963). В этом отношении серьезными конкурентами гладкой мускулатуры у человека являются мощные выдыхательные мышцы грудной клетки и брюшного пресса (воздействующего на давление в легких через диафрагму). К тому же известно, что гладкая мускулатура значительно более инертна, чем поперечнополосатая: ее сокращения более медленны. В литературе, однако, имеются данные о том, что более примитивные мышечные образования, к которым относятся и гладкие мышцы, способны специализироваться и на более быстрых сокращениях (Жуков, 1964),

Вместе с тем роль гладкой мускулатуры в акте певческой фонации, по всей вероятности, очень велика, если не в смысле главной силы, то в смысле тонкой регулировки подсвязочного давления. Имеются данные о том, что гладкая мускулатура бронхов в процессе звукопроизношения, так же как и диафрагма, совершает своеобразные парадоксальные движения, т. е. независимые от ребер «вдохи» и «выдохи». По мнению Н. И. Жинкина (1958), эти сужения бронхов могут играть роль своеобразного клапана, регулирующего поступление воздуха в подсвязочное пространство.

Известно, однако, что функция дыхательного аппарата в пении аналогична не только функции мехов, нагнетающих необходимое подсвязочное давление, но также и функции резонатора, сильно влияющего на процесс голосообразования.

Поэтому справедливо задать вопрос: не имеют ли сужения и расширения бронхов определенного отношения и к этой не менее важной (резонаторной) функции нижних дыхательных путей? Многие авторы (Егоров, 1953; Сергиевский и Борисова, 1963; Фролов, 1966, и др.) положительно отвечают на этот вопрос.

Большой интерес с этой точки зрения представляет рассмотрение и внешних дыхательных движений певцов, в частности уже знакомой нам «вдыхательной установки»: ведь состояние вдоха рефлекторно связано с тонусом бронхов. Поэтому есть основания полагать, что особый характер внешних дыхательных движений певцов является своего рода средством произвольного управления непроизвольной трахеобронхиальной мускулатурой — ее дыхательными («клапанными») и резонаторными свойствами. Поэтому певцу и небезразлично, каким типом дыхания он пользуется в пении; внешнее дыхание влияет на внутреннее — бронхи и диафрагму, а те в свою очередь рефлекторно влияют на состояние гортани, мягкого нёба (рефлекс Работнова) и всех органов артикуляции. Эти рефлекторные взаимоотношения чрезвычайно сложны, многообразны, изменчивы, по закономерны. В дальнейшем изучении этих физиологических закономерностей и кроется разгадка многих тайн певческого голоса: чарующей красоты, кантилены (бельканто), удивительной силы и неутомимости,

ЗАКОНЫ ДИКЦИИ

Чаще всего слова в пении совершенно пропадают. Между тем слово — тема для творчества композитора, а музыка — его творчество. Слово — что, музыка — как,

К. С. Станиславский

Глокая куздра

Пение недаром называют вокальной речью. Существенным преимуществом голосового аппарата человека — этого живого музыкального инструмента — является то, что инструмент этот говорящий. Слово в пении несет слушателю содержание того, о чем поется. Слово (в пении) — ч т о, музыка — как, говорил Станиславский,

Между тем большинство певцов почему-то упорно не желают воспользоваться этим преимуществом своего говорящего музыкального инструмента и сообщают слушателям только лишь половину информации (как). Другая же половина (ч т о) ввиду невероятно плохой разборчивости вокальной речи многих певцов совершенно не достигает адресата. Пение таких певцов по сути дела превращается в бессловесный вокализ.

На плохую дикцию певцов в свое время жаловался Э. Карузо: «Многие певцы, к сожалению, пренебрегают хорошей дикцией, — писал он. — Слушатели часто не понимают языка, на котором поют певцы на сцене и довольствуются лишь тем, что знают в общих чертах содержание произведений». С тех пор прошло много времени, но положение не изменилось к лучшему: недаром же у нас при входе в оперный театр продаются программки с кратким содержанием оперы! Все как будто бы давно уже смирились с мыслью о том, что понять содержание из самих дуэтов и арий — задача не из легких. Иногда дело доходит прямо-таки до курьезных случаев. Один из любителей вокального искусства, побывавшим как-то на концерте довольно известной певицы, с огорчением потом рассказывал, как был свидетелем спора, возникшего между двумя слушателями после концерта: один из слушателей утверждал, что все произведение певица пела исключительно на иностранном языке, в то время как другой настаивал на том, что несколько произведений она исполнила и на русском языке.

Рассказывают также, что некто из певцов в сцене Ленского с Онегиным однажды вместо слов «и сатисфакции я требую!» по ошибке спел «и дезинфекции я требую!». Публика даже не заметила!

Академик Л. В. Щерба с целью демонстрации синтаксических особенностей русской речи создал как-то серию совершенно лишенных всякого смысла звукосочетаний, условно объединенных им в «слова» и «фразы» и известных под названием «Глокая куздра». Невольно напрашивается сравнение этой «глокой куздры» с досадно неразборчивым произношением некоторых певцов. Певцы часто грубо нарушают правила русского литературного произношения (орфоэпии), на что не раз указывал в своих работах и выступлениях известный советский лингвист А. А. Реформатский (1955).

Несколько замечаний относительно терминологии. Когда говорят о дикции, то под этим термином обычно подразумевают степень понятности (внятности) произношения, т. е. разборчивости речи. Вместе с тем термином «дикция» в практике нередко обозначаются и некоторые элементы художественной выразительности речи или особенности произношения того или иного артиста. В связи с этим под термином «дикция», по-видимому, кроется более широкое понятие, чем под термином «разборчивость», обозначающим лишь степень фонетической четкости произношения, или, так сказать, чисто техническую сторону дикции.

Иногда для характеристики разборчивости речи, особенно в технической литературе (у инженеров связи), применяется термин «артикуляция». Строго говоря, это не совсем точное применение термина, так как под термином «артикуляция» у лингвистов и физиологов понимается сам физиологический процесс произношения, т. е. деятельность артикуляторных органов (языка, губ, резонаторов и т. д.), а не результат этой деятельности — степень разборчивости речи. В настоящем разделе речь пойдет о чисто технической стороне дикции, т. е. термин «дикция» употребляется в смысле разборчивости вокальной речи.

По исправлению дикции вокалистов даются многочисленные советы в различных руководствах по пению. Однако советы эти говорят лишь об отдельных частных сторонах произношения, не вскрывая общих закономерностей этого явления. Недостаток этот вызван главным образом тем, что до настоящего времени не существует точных количественных методов исследования дикции в пении. Дикция вокалистов оценивается лишь приблизительно как «хорошая» или «плохая». Однако хорошо известно, что судить о

причинах того или иного явления и о зависимости его от других факторов можно лишь на основе точного количественного измерения. Как говорил Д. И. Менделеев, «наука начинается там, где начинаются измерения».

Но возникает вопрос: можно ли говорить об измерении дикции в пении? Можно ли выразить степень разборчивости вокальной речи каким-то числом, чтобы при сравнении дикции, например, у десяти певцов можно было бы с уверенностью сказать, у кого из них самая лучшая дикция, кто на втором месте, на третьем и т. д. Можно ли, наконец, установить те наиболее общие закономерности, которые характеризуют певцов в зависимости от типа голоса, индивидуальных особенностей певца, от высоты ноты и т. д.?

Метод измерения дикции

За основу метода измерения разборчивости вокальной речи был взят метод, обычно применяемый для исследования разборчивости дикторской речи при передаче ее по линиям радиотелефонной связи. Сущность данного метода состоит в том, что диктор читает определенные, специально составленные слова, а группа слушателей (5—7 человек) с нормальным слухом слушает и записывает то, что слышит. Потом записанные слушателями слова сверяются с теми, которые читал диктор. Некоторые из прочитанных диктором слов могут быть восприняты и записаны слушателями неправильно, что и может быть отнесено за счет плохой дикции исследуемого диктора. Число правильно записанных слов по отношению ко всем переданным диктором составит определенную долю, которую можно выразить и процентах. Этот процент и является количественной мерой дикции данного диктора. Например, из 1000 прочитанных данным диктором слов правильно воспринято и записано 700. Это означает, что дикция данного диктора 70%.

Как можно видеть, в этом методе в качестве измерительного прибора для определения процента разборчивости употребляется ухо человека, точнее, его слуховой анализатор. Достоверно ли это? Да, достоверно и объективно, поскольку для данного измерения используется слух не одного человека (могущего иметь дефекты слуха или, наоборот, необычайно развитый слух), а слух целой группы людей, что усредняет результаты измерений и увеличивает их достоверность. Применяя электронные приборы для анализа звука, мы можем лучше, чем на слух, определить интенсивность, частоту, длительность, спектральный состав звука. Однако для оценки дикции вокальной речи слуховой аппарат человека является пока что наиболее совершенным и к тому же специально приспособленным природой для этой цели прибором.

Существует несколько способов определения разборчивости речи: например, методы фразовой, словесной и слоговой разборчивости. В первом случае дикторы читают (а слушатели записывают) фразы, во втором — слова, а в третьем — слоги. Неудобство методов фразовой и словесной разборчивости заключается в том, что слушатели, часто не слыша некоторых звуков в слове или даже целых слов во фразе, все же догадываются о их существовании по смыслу и поэтому результаты измерения дикции оказываются завышенными. Так, например, даже если диктор совершенно не произносит звук Л, тем не менее фразу «На углу стояла белая лошадь» слушатели все же запишут правильно, и дефект дикции данного диктора этим методом не будет обнаружен.

Чтобы избежать этого недостатка, группа ленинградских ученых — инженеров связи и лингвистов (Н. Б. Покровский, А. Ф. Белецкий, Л. Р. Зиндер, Л. А. Варшавский, В. Н. Федорович, И. М. Литвак и др.) разработала специальные слоговые таблицы, состоящие из совершенно бессмысленных слогов — нечто вроде «глокой куздры» академика А. В. Щербы (Покровский, 1962).¹ Слоги эти составлены из наиболее употребительных звукосочетаний русской речи и сведены в таблицы по 50 слогов в каждой. Все слоговые таблицы (а их всего 100) равнозначны по своему фонематическому составу, т. е. содержат гласные и согласные примерно в той же пропорции, что и в речи.

Вокальная речь, как известно, существенно отличается от обычной речи хотя бы тем, что звуки произносятся протяжно и на разных нотах. В связи с этим нам пришлось видоизменить указанную методику, чтобы приспособить ее для измерения дикции в пении (Морозов, 1964а).

Изменение это в основном сводилось к тому, что вокалист не проговаривает указанные слоги, а пропевает их своим обычным певческим голосом. Нота, на которой певец поет каждый слог, предварительно задается ему на рояле. Методика построена так, что вокалист поет каждый последующий слог на другой ноте, отстоящей от предыдущей не более чем на один или половину тона. Последовательность пропеваемых звуков по высоте составляет гаммы, идущие то в восходящем, то в нисходящем порядке. Певец начинает петь слоги на самых низких тонах диапазона, постепенно приближаясь к самым высоким. У взрослых певцов исследуется полный диапазон (2 октавы), у детей исследуемый диапазон составляет одну-полторы октавы и менее.

При дальнейшей обработке результатов исследования учитывается не только общее количество правильно пропетых певцом слов, но и количество ошибок на каждой из нот диапазона голоса. Этот подсчет дает возможность определить, как зависит дикция певца от высоты ноты голоса.

Здесь следует сделать существенное замечание относительно того, насколько полученные подобным образом измерения отражают действительную картину дикции у певца при пении им вокальных произведений. Ведь мы исследуем дикцию при пении, так сказать, искусственных слов — «глокой куздры», а при пении в нормальных условиях мы воспринимаем прежде всего осмысленную вокальную речь, состоящую из музыкальных фраз.

Примечание [MN1]:

¹ Подобные таблицы были разработаны также и другими авторами, как отечественными (Ю. С. Быков), так и иностранными.

Таблица 6

Фонетический анализ дикции в пении (бас, Гр—ко С.)

| Звуки, пропетые певцом | | | Звуки, правильно принятые слушателями % | |
|------------------------|-----------|-------------|---|--------------------|
| | | | Начальные согласные | Конечные согласные |
| Смычные | { глухие | П, Т, К | 81, 83, 80 | 54, 77, 60 |
| | | Б, Г, Д, | 68, 73, 91 | - - - |
| | { звонкие | М, Н | 97, 93 | 47, 66 |
| Щелевые | { глухие | С, Ф, Х, Ш, | 97, 73, 80, 87 | 97, 70, 47, 95 |
| | | В, Ж, З, | 70, 65, 94 | - - - |
| | { звонкие | Л, Й | 98, - | 86, 57 |
| Аффриканты и дрожащие | | Ц, Ч, Щ, | 40, 27, 73, | 70, 80, 80, |
| | | Р | 98 | 98 |
| Гласные | { | А, Э, Ы, | 97, 97, 97, | } 96,2% |
| | | О, У, | 98, 97, | |
| | | Я, Е, И, | 97, 97, 96 | |
| | | Ё, Ю | 91, 95 | |
| | | | | |

Примечание: Цифры курсивом означают процент наименее разборчивых звуков в произношении данного певца

Имеется ли связь между этими явлениями? Оказывается, такая связь есть.

Из теории и практики измерения речевой разборчивости известно, что фразовая разборчивость всегда имеет наибольший процент. Если тем же диктором читаются изолированные (не связанные по смыслу) слова, разборчивость ухудшается. Еще более ухудшается разборчивость при чтении слогов, лишенных смысла. Однако процент слоговой разборчивости у данного диктора всегда находится в определенном соотношении со

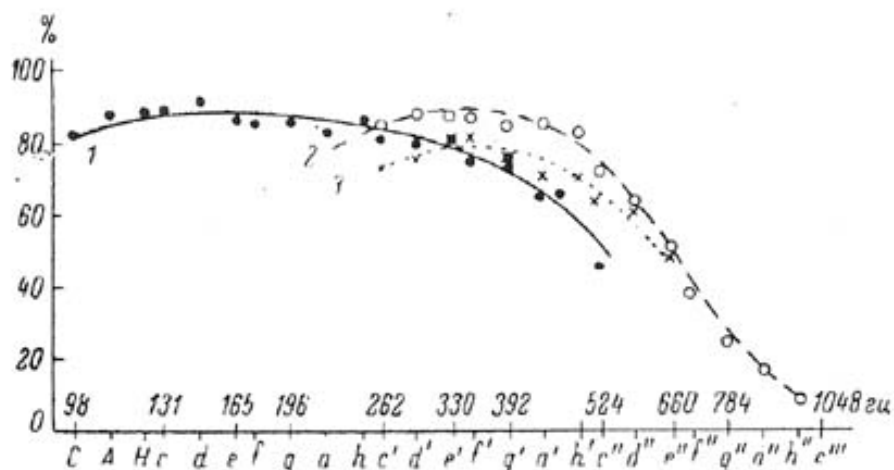


Рис. 39.

Зависимость дикции певцов от высоты ноты для мужчин (7), женщин (2) и детей (5).

По вертикали — величина слоговой разборчивости (в %); по горизонтали — высота основного тона голоса (сверху) и в нотном обозначении (снизу).

словесной и фразовой разборчивостью (Покровский, 1962). Это и дает нам право судить о разборчивости осмысленной речи по результатам измерения слоговой разборчивости. Метод же слоговой разборчивости избавляет нас от ошибок, возникающих вследствие догадывания по смыслу, и дает возможность измерить не только разборчивость речи в целом, но и разборчивость отдельных звуков у любого человека. При помощи данного метода была исследована дикция у 47 певцов: из числа мужчин — басы, баритоны, тенора, женщин — сопрано, меццо-сопрано и детей — дисканты и альты (Морозов, 1964б). В результате установлены следующие общие закономерности (рис. 39).

Дикция в пении колеблется у разных певцов в пределах 60—80% и, как правило, на 10—20% ниже, чем дикция у тех же певцов в речи.

Дикция в пении совершенно закономерно зависит от высоты ноты; чем выше нота, тем хуже дикция. Закономерность эта хорошо иллюстрируется графически. Особенно сильно падает процент дикции с повышением голоса у женщин: по мере приближения к самым верхним нотам величина дикции стремится к нулю. Заметно ухудшается дикция и при пении самых низких нот диапазона голоса.

У каждого типа голоса и у каждого певца (индивидуально) в центре диапазона имеется зона наилучшей дикции; причем чем выше голос, тем соответственно выше располагается эта зона максимальной дикции.

У певцов обнаружено некоторое ухудшение дикции на переходных нотах диапазона.

При исследовании дикции в пении важно знать, за счет каких гласных и согласных происходят ее дефекты. Для этой цели служит фонетический анализ. Суть этого анализа довольно простая; подсчитывается, сколько звуков (из всей совокупности звуков, воспроизведенных голосовым аппаратом певца при пении слогов) слушателями воспринято правильно. Результаты выражаются в процентах для каждого звука, а также находится общий процент для различных групп фонетически родственных звуков. При этом отдельно находится процент разборчивости начальных согласных (стоящих перед гласными в закрытых слогах), конечных согласных и гласных. Результаты подобного фонетического анализа, представленные в табл. 6, говорят, что наименее разборчивыми в произношении данного певца являются начальные звуки Ч (27%), Ц (40%), Ж (65%), Б (68%) и конечные П (54%), К (60%), М (47%), Н (66%). Как видно, гласные в дикции данного певца не страдают: они имеют разборчивость выше 90%. Таким образом, можно полагать, что низкий общий процент дикции данного певца (а он равен 58%) обусловлен дефектами произношения в основном указанных выше звуков, имеющих очень низкий процент разборчивости. Очевидно, при работе над дикцией этому певцу и следует обратить прежде всего внимание на четкость произношения именно этих звуков.

Фонетический анализ женских голосов показывает, что наряду с искажением согласных у них наблюдается искажение и гласных, и особенно на верхних нотах. Как видно, данный метод позволяет измерить у любого певца не только дикцию вокальной речи в целом, но и степень разборчивости отдельных звуков, что имеет большое практическое значение для исправления недостатков дикции.

Гласные — река, согласные — берега

Как было показано, с повышением основного тона голоса дикция ухудшается. Чем это вызвано?

Одной из причин, по-видимому, является значительно большая сложность пения высоких звуков, чем центральных. Известно, что высокие звуки требуют значительно большего напряжения и приспособления голосового аппарата. Поэтому вполне естественно, что четкость артикуляции на этих высоких нотах ухудшается, и тем больше, чем выше нота.

Другая причина, по-видимому, кроется в самой высоте основного тона голоса. Как мы уже знаем, на верхнем *doll* основной тон колебания голосовых связок певицы составляет свыше 1000 колебаний в секунду. Между тем известно, что многие характеристические форманты гласных (например, для У), по которым эти гласные опознаются, лежат в области до 1000 гц. Поэтому вполне естественно, что на высоких нотах эти низкие характеристические форманты отсутствуют, что и сказывается на разборчивости.

Предельно высокие звуки мужских голосов значительно уступают высоким женским по основной частоте колебаний (верхнее теноровое *doll* соответствует 524 колебаниям в секунду), в связи с чем мужские голоса и не обнаруживают, как женские, столь стремительного падения дикции при приближении к верхним тонам диапазона.

Весьма существенно сказывается на дикции соотношение громкости гласных и согласных в пении. Уровень силы гласных на верхних нотах, по нашим исследованиям, достигает 110—115 дб, в то время как сила даже звонких согласных едва достигает 60—70 дб. Такой большой разрыв в интенсивности гласных и согласных (до 50 дб) приводит к так называемому явлению маскировки слабых звуков сильными; восприятие согласных слушателями вследствие этого затрудняется, и разборчивость падает. Интересно, что слабые звуки могут маскироваться не только предыдущими сильными, но также и последующими. Эта интересная закономерность была установлена сотрудником Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР И. К. Са-мойловой (1960).

На дикцию вокальной речи известное влияние оказывает и сам певческий тембр голоса, точнее — высокая певческая форманта. Если в речевом произношении в гласных преобладают речевые форманты, придающие им всем известную фонетическую разнокачественность, то в певческих гласных начинают преобладать высокая и низкая певческие форманты. Это приводит к тому, что фонетическая разнокачественность гласных в певческом произношении несколько затушевывается. При правильной пении гласные становятся как бы несколько похожими друг на друга, равными, сглаженными. Такое сглаживание гласных является совершенно необходимым условием художественного пения, при условии, однако, если оно не ведет к полному уничтожению различий между гласными и к искажению гласных, что часто наблюдается у неопытных певцов. Подобное пренебрежение певца к фонетической индивидуальности гласных ведет к сильному ухудшению дикции пения. Большого мастера пения всегда отличает строгое чувство меры в отношении так называемого выравнивания гласных.

Говоря о причинах плохой дикции у вокалистов, следует особо подчеркнуть роль согласных в пении. Как мы видели на примере фонетического анализа, именно плохая артикуляция согласных и обуславливает низкий общий процент дикции. О важной роли согласных для актерской дикции говорил К. С. Станиславский. Занимаясь в классе с учеником, педагог обычно слышит его на близком расстоянии. Вследствие этого он нередко терпимо относится к нечеткому произношению учеником согласных, обращая все свое внимание на характер звучания гласных. Этому нередко способствует то обстоятельство, что учитель, так же как и ученик, знает наизусть текст изучаемого произведения, и в этом случае их восприятие текста резко отличается от восприятия слушателем, который слышит его впервые, да к тому же еще в каком-нибудь большом концертном зале с плохой акустикой. В этом случае усвоенная певцом вялая, неактивная манера произношения согласных и приводит к тому, что с большого расстояния согласные воспринимаются нечетко, и дикция певца страдает.

Почему же согласные так сильно влияют на дикцию? Отчасти это объясняется тем, что согласных в русском языке содержится значительно больше, чем гласных, и именно согласные, а не гласные придают словам их индивидуальность. Выкиньте из слова согласные, и вы не поймете слова, в то время как многие слова можно легко понять, выкинув из них гласные (например, в слове «спички»). Согласные членят речевой поток на слоги и обеспечивают разборчивость этих слогов. Недаром поэтому говорится, что «гласные—это река, согласные — берега».

В пении ввиду большой протяжности гласных роль согласных во много раз возрастает. Поэтому ошибкой многих неопытных певцов является пренебрежительное отношение к согласным. Поются не только гласные, но и большинство согласных, а

некоторые (звонкие) имеют даже ясно выраженную высоту основного тона. По мнению профессора консерватории М. Н. Семенова, неточное интонирование звонких согласных при пении в хоре приводит к фальшивому звучанию хора, а неправильное распределение длительностей звучания согласных нарушает кантилену как в сольном, так и в хоровом исполнении. Однако на обычном нотном стане длительность и высота звучания согласных никогда не указывается (потные обозначения, как известно, относятся только к гласным). Поэтому М. Н. Семенов предлагает нововведение: для своих студентов он добавочно обозначает на нотном стане длительность и высоту звучания согласных. Это значительно облегчает молодым певцам овладеть сложной техникой вокальной речи.

Исполнительская практика говорит, что лучшие певцы, обладающие отличной дикцией, всегда даже несколько подчеркнуто артикулируют согласные в пении. Кроме четкости дикции, это придает их пению и особую художественную выразительность. Шаляпин, например, считал, что звук С во фразе «Сатана там правит бал!» должен «свистеть, как сагана». Именно эта деталь в исполнении Шаляпина придавала всей фразе зловещий, «сатанинский» оттенок. Вообще анализ пения многих мастеров вокального искусства, а также мастеров художественного слова, убеждает нас в том, что они очень четко и даже несколько утрированно произносят согласные. Хотя в некоторых случаях это и не укладывается в рамки строгой орфоэпии, тем не менее решает две очень важные задачи: доносит до слушателя текст исполняемого произведения и придает ему особую выразительность. Вместе с тем пение мастеров вокального искусства отличается особой мягкостью и певучестью (кантиленой), что создает впечатление как бы непрерывного звучания одних лишь гласных.

Нередко вокальные педагоги, обучая молодых певцов, требуют «петь, как говоришь». Требование это справедливо только в одном отношении: в пении нужно стремиться к такой же свободе и непринужденности звукопроизношения, как и в речи. Что же касается самой сущности акустико-физиологических механизмов в речи и в пении, то они существенно различаются. Профессор А. А. Реформатский (лингвист) подчеркивает существенное различие между обычной (бытовой) речью и сценической. Не меньшее, а, пожалуй, даже большее различие по принципу формирования имеется между обычной речью и вокальной, т. е. пением.

Рентгеновским методом установлено, что если в речевом произношении объем и форма рото-глоточного резонатора при произнесении различных гласных меняется в очень широких пределах, то в пении пределы этих изменений сужаются, т. е. различия как бы сглаживаются. Это, по-видимому, и приводит к известному сглаживанию акустических различий в певческих гласных. В их спектре четко выражена высокая певческая форманта, в речевых гласных — нет.

В пении требуется особая организация всех резонаторных систем, обеспечивающая большую силу, звонкость и полетность голоса; кроме того, в пении необходима необычайно развитая внутренняя чувствительность (вокальный слух) и совершенно особый режим дыхательной функции (певческая опора). Для речи эти условия вовсе не являются обязательными, с этой точки зрения требование «пой, как говоришь» вряд ли является справедливым и может навести на ложный путь. Стремление певца обеспечить вокальную функцию только речевыми артикуляторными приемами нередко приводит лишь к подражанию пению, к имитации певческого звука, но не к естественному и надежному певческому звукообразованию, которым отличаются лучшие вокалисты,²

Таким образом, при пении голосообразующий аппарат певца как бы решает одновременно две задачи; с одной стороны, он работает, как речевой аппарат, обеспечивая необходимую фонетическую ясность звуков речи, а с другой — как музыкальный инструмент, обуславливая необходимый певческий тембр любого гласного звука на любой высоте. В одновременном выполнении этих двух задач — хорошей певческой кантилены и отличной дикции — заключается один из самых сокровенных секретов вокального мастерства.

ЗАГАДКИ ВОКАЛЬНОГО СЛУХА

Человек, умеющий петь, знает, как известно, наперед, т. е. ранее момента образования звука, как ему поставить все мышцы, управляющие голосом, чтобы произвести определенный и заранее назначенный музыкальный тон,

И. М. Сеченов.

"У него нет вокального слуха!». Эти слова для певца звучат весьма печально, так как обозначают примерно то же, что для музыканта отсутствие музыкального слуха. Однако вокальный слух — это не просто хорошо развитый музыкальный слух в том виде, как мы его понимаем. Вокальный слух — это весьма специфическое чувство певца, помогающее ему стать певцом. Всем известно, что люди, обладающие великолепным музыкальным слухом, далеко не всегда становятся певцами. В то же время человек, обладающий хорошим вокальным слухом, может надеяться развить голос и стать неплохим певцом даже при очень скромных музыкальных способностях, что часто и бывает. Что же такое вокальный слух? Ответ звучит даже несколько парадоксально: вокальный слух—это не просто слух, вернее — не только слух. В механизмах вокального слуха участвуют многие другие органы чувств,¹ к исследованию которых и необходимо обратиться, чтобы понять природу вокального слуха, управляющего образованием и восприятием звуков.

Примечание [MN1]:

¹ Более подробно об этом см.: В. П. Морозов, 1965.

Слух и речь

Способность человека говорить, петь или играть на музыкальных инструментах теснейшим образом связана со способностью воспринимать звуки из окружающей среды. Самый первый этап обучения — это восприятие. Поэтому если человек с рождения лишен слуха, он не приобретет дара речи, не говоря уже о пении или игре на музыкальных инструментах.

Долгое время люди не знали внутренних физиологических процессов, происходящих при обучении речи и пению. Великий русский физиолог И. М. Сеченов в своем замечательном труде «Рефлексы головного мозга» впервые высказал мысль, что речь — это рефлекс. В дальнейшем эта мысль была развита И. П. Павловым и его учениками и последователями (А. Г. Иванов-Смоленский, Н. И. Касаткин, Н. И. Красногорский, М. М. Кольцова и др.), которые показали, что физиологической основой звуковой речи человека является образование целой системы сложных условных рефлексов в коре головного мозга. Безусловными раздражителями здесь являются сами предметы внешнего мира (цвета, запахи, звуки и т. д.), а условными — те слуховые, мышечные, зрительные и другие раздражения, которые возникают у человека в процессе образования и восприятия речи. Например, ломтик лимона, если его положить в рот, вызывает у человека сильное отделение слюны. Это безусловный рефлекс. Однако, как мы хорошо знаем, один только вид лимона и даже воспоминание или словесное напоминание о лимоне уже само по себе вызывает у нас слюноотечение. Это и есть условный рефлекс. В данном случае слово «лимон» является для нас сигналом ощущения кислоты, т. е. реально существующего раздражения. Поэтому И. П. Павлов и назвал звуковую речь человека «сигналом сигналов» действительности и создал учение об особой, присущей только человеку «Второй сигнальной системе», т. е. способности человека отражать все явления внешнего мира в словах.

Однако слово для человека — это не простой условно-рефлекторный сигнал, связанный только с каким-нибудь одним предметом или жизненным явлением. Слово, как говорил И. П. Павлов, является для человека «всеобъемлющим» раздражением, т. е. сигналом об очень и очень многих жизненных ситуациях и предметах. Поэтому благодаря слову стало возможным отвлечение от действительности, возникновение человеческого абстрактного мышления, создание науки и искусства. Представим себе на минуту, сколько впечатлений связано у нас только с каким-либо одним словом, например «наука», «музыка», «космос»! Слово является чрезвычайно могущественным средством воздействия на человека. Словом, как говорят, можно «убить» или, наоборот, «воскресить». Это хорошо знают опытные врачи и педагоги.

Если способность человека воспринимать смысл слов и оперировать абстрактными понятиями И. П. Павлов назвал «второй сигнальной системой», то

физиологические механизмы, лежащие в основе непосредственного чувственного восприятия раздражителей внешнего мира (цвета, звуки, запахи и т. п.), он назвал «первой сигнальной системой». По степени преобладания первой или второй сигнальной системы И. П. Павлов условно разделил людей на два типа: 1) мыслительный — с преобладанием второй сигнальной системы (ученые, философы, математики и т. п.) и 2) художественный — с преобладанием первой сигнальной системы (художники, музыканты и т. п.). Из этого неправильно было бы сделать вывод о том, что представители искусства могут обходиться слабо-развитой второй сигнальной системой. Наоборот, настоя-щее художественное творчество немислимо без больших обобщений и размышлений, т. е. без высокоразвитой вто-рой сигнальной системы.

«Музыкальные произведения наших больших композиторов,— писал академик Л. А. Орбели, — невозможно себе представить как простое проявление первой сигнальной системы. . . . Использование второй сигнальной системы имеет одинаковое место и в научном, и в художественном творчестве, и следовательно, вторая сигнальная система ... может принимать различные формы и направления: в сторону искусства и науки, которые представляют собой два разветвления наивысших форм высшей нервной деятельности человека» (1964, стр. 247).

Звуковую речь человек воспринимает при помощи слуха. Однако физиологические механизмы восприятия смысла слов заключаются в деятельности высших отделов центральной нервной системы. Доказательством этому служит тот факт, что при некоторых заболеваниях центральной нервной системы (сенсорная алалия) человек теряет способность воспринимать смысл слов, хотя острота слуха у него при этом оказывается несколько не нарушенной (Воячек, 1926; Трауготт, Балонов, Личко, 1959).

Если способность к речи воспитывается путем слушания речи, то и в основе певческой способности также прежде всего лежит слушание и восприятие чужого пения и музыки. И подобно тому как ребенок, обучаясь речи, невольно начинает воспроизводить все фонетические особенности речи окружающих, например «окать», так и певец при обучении пению невольно воспроизводит характер звучания певческих голосов, в окружении которых он воспитывается. Слуховое восприятие — это самый первый этап приобретения любого певческого навыка, какая-то акустическая норма, которой будет подчинена в дальнейшем вся работа по налаживанию мышечного голосового аппарата. Излишне говорить, какое огромное значение имеет правильный выбор этой «нормы», правильное «эталоно» звучания, к которому нужно стремиться в вокальной работе.

Многие педагоги совершенно справедливо считают, что один из важных методов воспитания певца — это постоянное слушание им лучших мастеров вокала, постоянное «насыщение» ученика слуховыми впечатлениями и звуковыми образами, совершенными как в художественном, так и в техническом отношении. На практике известно, что успехи вокальной школы, например болгарской, в значительной мере объясняются хорошо организованным ранним музыкально-вокальным воспитанием детей. Поэтому мы должны с большой требовательностью относиться к тому, что слушают наши дети по радио, телевидению и на концертах, но всемо тому, что формирует их вокальные вкусы. Слух поистине является, как выразился один из вокалистов, «судьей и совестью нашего голоса».

Повышенная впечатлительность слуха на ранних стадиях развития является закономерностью, свойственной не только людям, но и некоторым видам животных. Один естествоиспытатель проделал любопытный опыт с певчими птицами, который он описывает так: «Я воспитывал коноплянок, взяв их птенчиками из гнезда, с тремя жаворонками, обладающими наилучшим голосом. . . . Каждая коноплянка вместо того, чтобы петь так, как это свойственно ее виду, целиком восприняла манеру пения своего учителя. Когда манера пения коноплянки, обученной жаворонком, вполне установилась, я три месяца держал ее в одной клетке с двумя обыкновенными коноплянками; коноплянка не заимствовала у своих новых сожительниц ни одного приема, но целиком сохранила манеру пения жаворонка... Для успеха этого опыта птенчиков надо взять из гнезда через день или два после того, как они вылупились из яйца, ибо через три, четыре недели птенцы уже усваивают себе крик своего вида, хотя они в течение этого времени только слышали его, но ни разу не испускали».

Несомненно, что благодаря значительно более высокому уровню развития нервной системы человек обладает несравненно большими возможностями в смысле изменения и совершенствования приобретенных им любых рефлексов и навыков, в том числе и вокальных. Однако закономерность здесь проявляется в том, что чем раньше усвоен человеком какой-либо рефлекс, тем он прочнее и труднее поддается переделке с годами. Вокальным педагогам хорошо известно, что переучить певца, обладающего другой манерой пения, бывает значительно труднее, чем научить правильно петь человека, не обладающего никакими певческими навыками.

Парадокс абсолютного слуха

Термин «абсолютный слух» не соответствует действительности.

А. Гарбузов.

Успех певца во многом зависит от его музыкальности или, как говорят, от музыкального слуха, который имеет много разновидностей: он может быть активный и пассивный, мелодический и тембровый, относительный и абсолютный. Особого интереса заслуживает так называемый абсолютный музыкальный слух, т. е. способность узнавать звуки любой высоты без всякого сравнения их со звуком известной высоты, например камертоном (Островский, 1954). Исследованию абсолютного музыкального слуха посвящено довольно много работ, в результате чего авторы пришли к парадоксальному выводу: абсолютный музыкальный слух вовсе не абсолютен!

Так, в работе К. Л. Хилова (1929) было обнаружено, что обладатели абсолютного слуха при задании определить высоту заданного звука нередко ошибаются на полтона, целый тон и даже несколько тонов! Ясно, что об абсолютности слуха здесь не может быть и речи. К. Л. Хилов установил, что точность абсолютного музыкального слуха зависит от характера определяемого звука: музыканты значительно точнее определяют высоту звука, имеющего обертоны (автор пользовался гармоникой Урбанчича), чем чистых синусоидальных тонов от звукового генератора. К. Л. Хиловым также обнаружена зависимость точности абсолютного музыкального слуха от времени между предъявлением звука и его воспроизведением, т. е. от музыкальной памяти.

Н. А. Гарбузов (1948) считает, что путем тренировок точность абсолютного музыкального слуха можно улучшить, но лишь до известного предела — 50 центов, т. е. четверти тона. Что же касается самого термина абсолютный музыкальный слух, то, по мнению Н. А. Гарбузова, термин этот не соответствует действительности, а способность, известную в науке под названием «абсолютный слух», Н. А. Гарбузов предлагает назвать зонным слухом.

Парадокс с абсолютным слухом, однако, на этом не кончается, так как в литературе были высказаны мнения, что абсолютным слухом обладают не только избранные музыканты, но все без исключения люди, даже не имеющие никаких музыкальных способностей. Каким образом? Очень просто. Вы слышите и понимаете обычную разговорную речь? Хорошо, но ведь звуки речи, как мы знаем, отличаются один от другого абсолютной высотой характеристических формант, образованных обертонами голоса. Но мы же не носим в кармане камертона для определения высоты этих характеристических обертонов и между тем мгновенно опознаем и понимаем звуки! Вот это-то обстоятельство и позволило некоторым исследователям в свое время высказаться о наличии у всех людей абсолютного музыкального слуха, специализированного к распознаванию звуков речи.

Теперь, однако, мы знаем, что распознавание речевых звуков основано не только на различении абсолютной высоты формант, но сильно зависит и от расположения формант относительно друг друга и от относительной интенсивности этих формант, а кроме того, и это очень важно — от характера движения формант по шкале частот в процессе перехода одного звука речи в другой (так называемые переходные процессы). Таким образом, в распознавании звуков речи участвуют не только абсолютный звуковысотный слух, но, бесспорно, и относительный.

Точность музыкального слуха можно легко измерить при помощи специальных приборов. Эти методы и позволили установить неабсолютность абсолютного слуха. Вместе с тем исследователи обнаружили еще один очень интересный факт, о котором нельзя умолчать: интонационные неточности, которые допускают даже самые знаменитые певцы и скрипачи-солисты при исполнении произведений, оказались далеко не случайными, а закономерными.

П. П. Барановский и Е. Е. Юцевич (1956), исследовавшие многих музыкантов и певцов, выдвигают интересную теорию, объясняющую эти неточности интонирования. По их мнению, дело заключается в несоответствии двенадцатитемперированной системы, по которой записана мелодия, мелодической и гармонической природе музыкального слуха. Темперация совершенно искусственно и условно делит октаву на математически равные части, в то время как музыкальный слух — на пропорциональные, что соответствует природе ладового чувства и потому является более благозвучным. Известно, например, что П. И. Чайковский не любил точной настройки рояля в соответствии с темперацией, а просил настроить рояль «с разливом».

Таким образом, обнаруженную тенденцию опытных музыкантов уклоняться от точного интонирования музыкальных интервалов скорее, видимо, следует причислить к достоинствам, чем к недостаткам музыкального чувства.

Застывшие звуки

При работе над развитием вокальных способностей огромное значение имеет для певца умение правильно представить и оценить звучание собственного голоса. Сделать это, однако, чрезвычайно трудно даже для опытного вокалиста. Обычно вокальный педагог говорит: «Певец сам себя не слышит!», подразумевая под этим: «Слышит, но не так, как окружающие». В действительности это так и есть, и объясняется это тем, что звук собственного голоса достигает наших ушей не только извне, но и действует на слуховой орган и изнутри, распространяясь по твердым тканям нашего тела. Кроме того, нервная система певца одновременно со звуком собственного голоса воспринимает огромное количество сигналов — раздражителей от самых различных органов чувств: мышечного чувства, зрения, вибрационной чувствительности и т. д. Все это и приводит к тому, что человек воспринимает звук собственного голоса несколько иначе, чем окружающие люди. Простое, широко распространенное в наши дни техническое приспособление — магнитофон позволяет услышать свой собственный голос в буквальном смысле со стороны постороннего слушателя. Это чудесное свойство магнитофона широко используется многими певцами и музыкантами для самоконтроля исполнения. Магнитофон позволяет выявить и устранить многие недостатки в пении (неточность интонации, нечеткость дикции и т. д.), которые певец в процессе своего исполнения обычно и не замечает. Магнитофон полезен также как средство контроля за оттенками художественной выразительности, и в этом смысле им широко пользуются мастера вокального искусства. Что же касается неопытных певцов, то чудесные свойства «застывших звуков» им еще более полезны. Нужно, однако, заметить, что магнитофон еще недостаточно широко применяется в вокально-педагогическом процессе как средство самоконтроля при обучении пению.



Рис. 40.

*В одном из классов Ленинградской консерватории:
лауреат Всесоюзных и Международных конкурсов вокалистов Н. Охотников (бас)
вместе со своим педагогом И. И. Плеваковым прослушивают
магнитофонную запись только что исполненной арии.*

Глухой Отелло

Сколько бы мы ни говорили о важности слуха для певца и музыканта, все же мы должны признать, что это далеко не единственный орган, управляющий голосом и речью. Для того чтобы выполнить свою ответственную роль, «судья и совесть голоса» должен непременно кооперироваться с другими органами чувств, и в первую очередь с мышечным чувством. По определению И. И. Леви-дова, люди, имеющие вокальный слух, обладают способностью различать в голосах малейшие оттенки, нюансы, краски, могут с некоторой степенью вероятности определить (в грубых, конечно, чертах), движениями каких мышечных групп вызывается то или иное изменение в звуковой окраске. Как видно из этого определения и ему подобных, даваемых самими певцами, в механизмах вокального слуха участвует не только собственно слух, но и мышечное чувство.

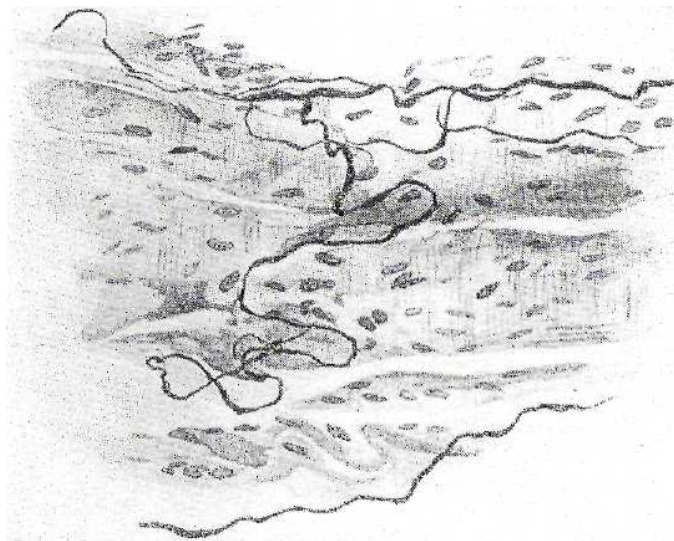


Рис. 41.

Микрофотография чувствительных нервных окончаний в мышцах человека (по М.С.Грачевой).

И. М. Сеченов назвал мышечные чувства «темными», ввиду того что мышечные ощущения никогда не бывают такими отчетливыми, ясными, как например зрительные. У мышечного чувства имеются и другие названия: кинестезическая чувствительность, проприорецепция, а И. П. Павлов ввел термин «двигательный анализатор». Возникает мышечное чувство оттого, что во всех мышцах и тканях нашего тела заложены особые чувствительные капсулы или, как говорят физиологи, рецепторы, реагирующие на растяжение, сокращение, давление мышцы и передающие эти сигналы по нервам в центральную нервную систему (Черниговский, 1960). Мышечные чувства, осведомляющие центральную нервную систему о работе речевого аппарата (речедвигательный анализатор, по И. П. Павлову), имеют подчиненное слуху значение только в период становления речевого или певческого навыка. Когда же условные рефлексы упрочаются и навык автоматизируется, речь может осуществляться под контролем мышечного чувства и без всякого участия слуха. Еще И. М. Сеченов заметил, что «... человек, умеющий петь, знает, как известно, наперед, т. е. ранее момента образования звука, как ему поставить все мышцы, управляющие голосом, чтобы произвести определенный и заранее назначенный музыкальный тон; он может даже мышцами, без помощи голоса, спеть, так сказать, для своего сознания какую угодно знакомую песню» (Сеченов, 1952).

Точность и правильность звукопроизношения несомненно зависит не только от слуха, но и от степени развитости и тренированности мышечного чувства и мышечной памяти. Мы знаем, что люди, оглохшие в позднем возрасте, не теряют способности к речи, хотя речь их заметно отличается монотонностью и невыразительностью. Вместе с тем известны и другие случаи. Вспомним замечательного актера А. А. Остужева, который, будучи совершенно глухим, приволил зрителей в восхищение исключительно талантливым исполнением роли Отелло. Представьте себе: не слышать речи партнера — и вовремя отвечать на его реплики, не слышать своего собственного голоса — и точно соразмерить силу, интонацию и самые различные выразительные оттенки речи, которыми так богата роль Отелло. Это говорит только об одном: мышечный контроль, доведенный до

совершенства, может обеспечить очень точное управление голосовым аппаратом и без участия слуха.

Если в необычных ситуациях мышечное чувство способно заменить слух, то в нормальных условиях пения мышечный контроль является безусловно важнейшим помощником слуха. За примерами далеко ходить не придется. Спросите любого певца, какая звучит нота — он вам ответит не сразу; сначала ее тихонько, как бы про себя, пропоет, и только тогда с уверенностью ответит. Очень многие певцы, пользующиеся таким методом отгадывания высоты звука, могут считаться чуть ли не обладателями абсолютного слуха — так точно они определяют любую ноту. Но для этого им прежде всего необходимо эту ноту обязательно пропеть своим голосом. Для чего? Для того, чтобы сведения о высоте звука получить не только от слуха, но и от его надежного помощника — от мышечного чувства! Экспериментальные работы, проведенные недавно в лаборатории мо сковского психолога А. Н. Леонтьева (1959), подтвердили правильность такого рассуждения.

Исследования говорят, что не только представление высоты звука опосредуются у певцов мышечным чувством, но и восприятие ритма, силы звука и даже тембра голоса (вспомним выражение «высокая позиция») связаны у певцов с внутренними мышечно-двигательными и вибрационными ощущениями. Развитие этих ощущений, умение «заглянуть» в свой внутренний мир и разобраться в нем является поэтому чрезвычайно ценным свойством вокалиста, точнее — свойством его вокального слуха.

Именно это свойство особо развитой внутренней чувствительности обеспечивает опытному певцу возможность петь на сцене с плохой акустикой, когда голос «уходит и не возвращается», или с сильным музыкальным сопровождением, когда певец себя почти совсем не слышит и тем не менее не теряет контроля за собственным голосом.

Итак, мышечное чувство обладает известной самостоятельностью в управлении голосом. Нельзя ли измерить степень этой самостоятельности? Оказывается, можно. Теоретически для этого необходимо «выключить» слух, с тем чтобы посмотреть, как мышечное чувство управляется без слуха. Практически же «выключение» слуха легко достигается, например, сильным шумом, который подается певцу через наушники. Наушники можно подключить к специальному генератору шума или просто включить в сеть городского электротокa, как делал в свое время И. И. Левидов.

Шум как лекарство

Пользуясь методом заглушения, исследователи получили совершенно неожиданные результаты. Оказалось, что выключение слуха, лишение голоса этого важнейшего регулятора, в ряде случаев не только не нарушало процесс пения, но, наоборот, даже улучшало его. В опытах Левидова, например, певцы брали ноты с большей звучностью, уверенностью и естественностью. При этом они могли петь даже такие высокие ноты, которые им не удавались в обычном состоянии. Объясняя это парадоксальное явление, Левидов пишет, что «... молодой певец в результате неправильного пения, неумения использовать свой голосовой материал приобрел дурную манеру звукоизвлечения, привил себе ряд вредных вокально-технических навыков, сильно засоривших его голос. Однако его ухо уже привыкло к такому характеру голоса. Певец сам себя имитирует. Если такому певцу сказать, например, что он „поет горлом“, „зжимает звук“ и т. п., что это не его настоящий природный тембр, а испорченный дурными привычками, — он не поверит и будет утверждать, что такой характер звучания является именно его естественным звуком, мало того — что такое звучание голоса ему нравиться... В момент заглушения голос певца, не контролируемый и, следовательно, не регулируемый слухом, направляется по своему естественному руслу, а это может дать педагогу (и врачу-фониатру) некоторый материал для суждения об истинном характере голоса певца» (Левидов, 1939, стр. 197—198).

С объяснением И. И. Левидова можно согласиться, хотя оно и не является исчерпывающим. Если у певца сложились неправильные навыки звукообразования, то заглушение как бы разрывает цепи сложившихся неправильных условных рефлексов, певец уже не может руководствоваться слухом, перестает подражать и воспроизводить свои прежние недостатки, ориентируется главным образом на свои внутренние чувства, в результате чего деятельность голосового аппарата и направляется, как говорит И. И. Левидов, «по ее собственному руслу». Нужно также добавить, что шум не только «выключает» слуховой анализатор, но и оказывает на него сильнейшее раздражающее действие. Через слух шум действует на другие центры нервной системы, что приводит к известному непроизвольному изменению голосовой функции.

Таким образом, обыкновенный шум, мешающий нам слышать, вредоносный фактор, с которым мы постоянно боремся, выступает здесь как своего рода лечебное средство! Лечение шумом в буквальном смысле этого слова нашло широкое распространение в фониатрии. Шумотерапией нередко вылечиваются такие неприятнейшие заболевания речи, как заикание, потеря голоса (афония) и различного рода недостатки произношения. Киевский фониатр И. Я. Деражне, уже много лет успешно применяющий шумовой аппарат собственной конструкции (корректофон Деражне) для лечения заикания, советует также певцам и ораторам пользоваться шумотерапией для настройки голоса перед публичным выступлением: для этого автор рекомендует в течение 10 минут считать вслух при заглушении.

Дальнейшие опыты с выключением слуха у певцов показали, что не все певцы одинаково реагируют на действие шума (Морозов, Разварим, 1960). Так, у некоторых певцов под влиянием шума голос становится несколько неуверенным, певцу трудно сохранить правильную интонацию, темп пения заметно замедляется, нарушается ритм вибрато. Другие певцы, наоборот, обнаруживают при действии шума значительную уверенность в пении, замечается даже несколько подчеркнутое выговаривание слов и фраз, интонация не страдает, ритм не искажается, звучность голоса возрастает, тембр приобретает большую насыщенность обертонами.

Далее выяснилось, что певцы по-разному реагируют на шумы разного спектрального состава: если в шуме преобладают низкие частоты, то такой шум оценивается как мягкий, приятный, и он, как правило, стимулирует голосовую функцию. Шумы же с преобладанием высоких призвуков (высокочастотные) оцениваются как жесткие, колющие, неприятные и плохо сказываются на голосе. Из этого мы можем сделать важный практический вывод: в аккомпанементе певцам должно содержаться больше низких, мягких звуков и меньше резких, высоких.

Отрицательное действие высоких частот на голосовую функцию певца объясняется тем, что эти высокие частоты сильно маскируют, заглушают важнейшее акустическое качество певческого голоса — его высокую певческую форманту. Певец перестает ощущать звонкость своего голоса, делает всевозможные попытки ее восстановить, не добивается результата и отказывается петь. Кроме того, по многим исследованиям, звуки с преобладанием высоких частот сами по себе оказывают отрицательное воздействие на слух человека и его нервную систему.

Чем же объяснить, что разные певцы по-разному реагируют на заглушение? На наш взгляд, разгадку этого явления следует искать в том, насколько у певца развито внутреннее чувство (мышечное, вибрационное и т. д.). Ведь когда певец себя не слышит, он руководствуется в управлении голосом только своими внутренними чувствами. Ввиду

этого опыт с заглушением можно с успехом рекомендовать певцам в качестве метода определения степени самостоятельности их внутренней чувствительности или как своего рода пробу прочности певческого навыка.

Забавный опыт с искусственным эхом

Еще более эффективным и к тому же весьма забавным средством определения степени самостоятельности мышечного контроля является малоизвестный среди вокалистов прием, носящий название «проба с отставленной речью» или «эффект Бернарда Ли» по имени американского ученого, впервые обнаружившего это явление (В. Lee, 1950). Для проведения опыта требуется магнитофон типа МАГ-8М11, МАГ-59 или любой другой марки, имеющий два отдельных усилительных тракта с головками для записи и для воспроизведения. Имея такой магнитофон, микрофон и наушники, включенные на выход магнитофона (в гнезда «дополнительный динамик»), любой человек может испытать на себе «пробу с отставленной речью» Бернарда Ли. Для этого необходимо включить магнитофон на «запись», выключив предварительно динамик магнитофона (чтобы не было «завязки»), перебросить тумблер контроля записи на «выход», надеть наушники и говорить в микрофон, близко поднеся его ко рту. Если вы сделаете усиление магнитофона побольше и попытаетесь читать вслух газетный текст, то вдруг обнаружите, что заикаетесь на каждом слове, повторяете слоги, пропускаете звуки. Многие после этого, рассмеявшись, отказываются от дальнейшего чтения. Демонстрация этого опыта на лекции всегда вызывает веселое оживление в зале. Что же мешает читать вслух в этих условиях?



Рис. 42.

Схема опыта с искусственным эхом.

- 1 — микрофонный «вход» магнитофона;
- 2 — подающая кассета;
- 3 — приемная кассета;
- 4 — стирающая головка;
- 5 — звукозаписывающая головка;
- 6 — звуковоспроизводящая головка;
- 7 — «выход» сигнала на телефоны испытуемого.

Направление движения магнитофонной ленты — слева направо.

Оказывается, произносить звуки речи мешают вам ваши же звуки речи, отставленные во времени от момента их произношения и слышимые через наушники с некоторым опозданием. Опоздание это равно примерно 0,2, 0,3 сек. и возникает в результате того, что звуки речи сначала записываются на магнитную ленту звукозаписывающей головкой магнитофона, потом лента с записью этих звуков движется до звуковоспроизводящей головки (на что и уходит 0,2, 0,3 сек.) и только тогда, когда данный участок ленты с записью ранее произнесенных звуков касается звуковоспроизводящей головки, вы и слышите эти звуки. Таким образом, получается нечто вроде эха, только очень сильного и четкого. Если при действии шума слуховой контроль выключается, то при действии «отставленной речи» слух не выключается, а дезориентируется. Вот здесь-то и происходит грубое нарушение сложившихся в течение всей предшествующей жизни условнорефлекторных слухо-мышечных связей человека; вы произносите одни звуки, а слышите другие, ранее произнесенные, что и приводит к нарушению речи, настолько произвольному, что Ивертсен, например, с успехом применил пробу с «отставленной речью» для выявления симуляции глухоты: глухой человек не заикается, в то время как симулянт немедленно выдает себя (Evertsen, 1955).

Певцы, как правило, значительно меньше подвержены эффекту «отставленной речи», чем не поющие люди, что объясняется лучшей развитостью у певцов внутреннего контроля. В то же время и среди них имеются лица, подверженные эффекту Бернарда Ли в большей или меньшей степени.

Таким образом, пробу с «отставленной речью» наряду с методом заглушения также можно рекомендовать певцам для определения степени «уверенности» мышечного чувства в пении. Следует, однако, заметить, что как при заглушении, так и при дезориентации слуха методом Б. Ли управление голосом осуществляется не только мышечным чувством, но также и вибрационным, о котором речь пойдет позже.

Активная природа слушания

Важнейшая роль мышечного чувства не ограничивается только участием в образовании голоса. Мышечное чувство участвует и в восприятии пения, музыки и речи. Это утверждение кажется невероятным, по тем не менее это — факт, твердо доказанный современной наукой.

Всем известно, что в процессе мысленной речи — «думания про себя» — человек производит едва заметные движения языка и губ. Иногда движения губ человека, читающего про себя газету или книгу, легко можно наблюдать и невооруженным глазом: человек как бы проговаривает то, что читает. Несмотря на то что движения эти часто очень незначительные, редуцированные (проговариваются далеко не все звуки и слова), психологи установили, что они имеют огромное значение для понимания того, что читается.

В 1935 г. врачи-ларингологи Е. Н. Малютин и В. И. Анцышкина, обследуя музыкантов, обнаружили сильное покраснение голосовых связок у скрипачей и духовиков после длительной игры на музыкальных инструментах. Объясняя это явление, авторы высказали предположение, что во время игры музыканты поют про себя то, что играют. Это приводит к настолько сильному утомлению голосовых связок, что некоторым после долгой игры бывает трудно даже говорить.

В книге Б. М. Теплова «Психология музыкальных способностей» (1947) говорится об огромной важности мышечных движений для восприятия музыки. Не только у музыкантов, но у всех без исключения людей при слушании музыки возникают «... видимые движения головы, руки, ноги, или даже качание всем телом или наиболее часто — не проявляющиеся вовсе „зачаточные“ движения голосового речевого и дыхательного аппарата, мышц конечностей, глубоко лежащих мышц грудной клетки и брюшной полости. Большинство людей не сознает этих двигательных реакций, пока внимание не будет специально обращено на них. Попытки подавить моторные реакции приводят к возникновению таких же реакций в других органах. . . Переживание ритма по существу своему активно, — пишет Б. М. Теплов. — Нельзя просто слышать ритм. Слушатель только тогда переживает ритм, когда он его сопроизводит, содействует» (стр. 277). Недаром поэтому основоположник двигательной теории ритма Жак Далькроз сказал, что если мы воспринимаем музыку одним лишь ухом, но не ощущаем ее всем телом, не содрогаясь от ее могущества, мы чувствуем лишь слабое эхо ее истинного существа.

Несмотря на то что произвольные движения возникают при слушании во всех частях тела, наиболее важными и универсальными Б. М. Теплов считает именно голосовые, вокальные движения, которые, по его мнению, отражают степень музыкального развития человека.

Аналогичные процессы происходят и при слушании пения, с той только разницей, что роль мышечных движений голосового аппарата здесь значительно возрастает. Любопытно, что эти микродвижения в миниатюре как бы копируют тот способ, которым слышимый звук образуется. Отсюда понятно, какую положительную роль приносит слушание хороших певцов и как вредно сказывается восприятие плохого пения. Один опытный певец совершенно серьезно сообщил мне, что перед своим выступлением в концерте он не распевается, но зато в течение получаса слушает голос (в грамзаписи) своего любимого итальянского певца Марио дель Монако. После такой «зарядки» он вполне готов к выступлению. Что ж, здесь нет никаких фантазий и предрассудков: ведь теперь нам хорошо известно, что слушать музыку или пение значит соучаствовать в исполнении.

Все предыдущие примеры привели нас к чрезвычайно важному выводу об активной природе восприятия вокальной речи. Ввиду исключительной важности для певцов этого вывода подчеркнем его: слушать певца — значит петь вместе с ним. Это, однако, касается не только самих певцов: активным соучастником пения является любой, даже совсем не умеющий петь слушатель.

Это значит, что певец никогда не может обмануть слушателя наигранной легкостью и принужденностью своего исполнения: эти свойства должны быть действительными, т. е. ощущаемыми и самим певцом.

В голосе певца, в самом звуке, содержится информация не только о том, что образуется, но и о том, как именно образуется, какой ценой. Если же «цена технологии» слишком дорога, то и отношение к «продукции» совсем иное. Если певцу трудно петь, то самый неискушенный слушатель скажет, что такой певец тяжело поет, как бы он ни маскировал свое неудобство наигранной улыбкой; если у певца во время исполнения возникает беспокойство и неприятное ощущение в горле, например першит, то публика немедленно реагирует на это беспокойством и кашлем. Часто задумываешься, отчего после слушания одного певца наступает какая-то физическая усталость и даже боль в горле, в то время как пение другого вызывает бодрость, хорошее физическое самочувствие и даже

сильное желание петь самому? В свете теории активного восприятия пения это находит свое объяснение: слушать пение — значит соучаствовать в исполнении.

Моторная теория восприятия речи

Интересно заметить, что в самых недавних работах по физиологии речи, выполненных у нас в Советском Союзе в лаборатории Л. А. Чистович (Чистович, Кожевников, 1965; Галунов, Чистович, 1965), а также американскими исследователями Либерманом, Купером и др. (Liberman et al., 1962), говорится об огромной важности артикуляторных микродвижений для восприятия и понимания человеком звуковой речи. Эти ученые выдвигают и защищают так называемую моторную теорию восприятия речи.

Работы в этом направлении имеют не только большое теоретическое, но также и важное практическое значение, например для машинного распознавания звуков речи. Мы уже знаем, насколько трудна задача научить машину понимать человеческую речь. Акустическая структура даже одних и тех же речевых звуков, например А, у разных людей и в разных словах настолько сильно варьирует, что машина не в состоянии распознать за всем этим разнообразием одну и ту же гласную фонему А и делает ошибки, в то время как человек это прекрасно распознает. Как же это он делает? Вот ученые сейчас и приходят к выводу, что важнейшим помощником слуха в распознавании звуков речи является мышечное чувство. Человек не только пассивно воспринимает ухом звуки речи, но ещё, как мы уже видели, активно их совоспроизводит, хотя и в очень уменьшенном масштабе. Поэтому опознавание звуков речи и происходит не только (а подчас даже и не столько) по тому, что слышит ухо, но и по тому, что чувствуют речевые мышцы (вспомним способ определения певцом высоты ноты). Потому-то многие звуки, реально отсутствующие в слышимой речи (редуцированные звуки), мы прекрасно воссоздаем, хотя в действительности их и не слышим. Машина же везде, где она не слышит, поставит нули. Вот поэтому-то сейчас и стоит вопрос, чтобы научить машину-автомат пользоваться для распознавания звуков речи таким же методом, каким пользуется для этой цели мозг человека. Оказывается, метод этот очень совершенный: позволяет «слышать» даже то, что в действительности и не слышится, а только подразумевается! ²⁾

В свете этих данных более ясным для нас становится и механизм вокального слуха: ведь вокальный слух оценивается как способность не только слышать голос, но ясно представить себе и ощутить работу голосового аппарата певца. На основании этих исследований мы должны сделать вывод, что слух любого человека в известной мере является вокальным, так как восприятие речи и пения у всех без исключения людей — активный слухо-мышечный процесс. Однако у большинства людей слухо-мышечные связи хотя бесспорно существуют, но развиты слабо, и такие люди не отдают себе отчета ни в том, как они сами производят звуки, ни в том, каков механизм образования голоса у слушаемых ими певцов.

Поистине же их мышечные чувства можно обозначить Сеченовским термином «темные», т. е. неясные, неопределенные. У других же людей, в особенности у опытных певцов и вокальных педагогов, мышечные чувства в результате постоянной тренировки настолько «проясняются», что по звуку эти люди мгновенно оценивают «тех нологию» его образования. Это и есть хорошо развитый вокальный слух.

Активная природа слухового восприятия имеет глубокое научное обоснование. Известно, что все чувствующие, анализаторные системы человека обладают специальными приспособлениями для активной настройки их с целью наилучшего восприятия информации (Квасов, 1956). Всем известно, что акт прислушивания сопровождается активным движением головой (а у животных и ушами) с целью нахождения наиболее благоприятных акустических условий для слухового органа. Этим грубым движением акт прислушивания, однако, не ограничивается; происходит большее или меньшее натяжение барабанной перепонки особыми мышцами опять-таки с целью приспособления к характеру выслушиваемого звука, и, наконец, в самих нервных клетках, воспринимающих звук, происходят тончайшие биохимические изменения (Винников и Гитова, 1961), направленные на то же самое — на обеспечение наилучшего восприятия определенного звука (вспомним явление адаптации).

В этом отношении акт прислушивания полностью аналогичен акту присматривания, принюхивания и многим другим процессам избирательного восприятия, при которых происходит особая настройка органов чувств. Вместе с тем мы видим, что акт прислушивания к речи сопровождается мышечными движениями, на первый взгляд не относящимися к системе слухового восприятия. Тем не менее эти, казалось бы, посторонние мышечные движения имеют самое непосредственное отношение к восприятию речи, музыки, пения; более того — в свете моторной теории восприятия они и составляют его сущность.

Примечание [MN1]:

2 Большое значение для распознавания (вернее, для восстановления) редуцированных звуков речи имеет, во-первых, знание человеком законов языка, точнее — вероятностной структуры речи (Зин-дер, 1958; Чистович, 1958), а во-вторых, то обстоятельство, что акустическая информация о любом из звуков речи содержится не только в нем самом, но и в окружающих его звуках — предшествующих и последующих

«Слушание» через кожу

*...рука моя ощущает мой голос почти так же,
как если бы я могла ухом слышать свой голос.*

О. И. Скороходова.

Кроме слуха и мышечного чувства, большая роль в образовании и восприятии вокальной речи принадлежит вибрационному чувству. Ниже будет показано, что вибрационное чувство имеет самое непосредственное отношение к формированию вокального слуха и объясняет происхождение целого ряда других вокальных терминов.

Установлено, что нервные окончания (рецепторы), воспринимающие вибрацию, имеются буквально во всех тканях нашего тела: в коже, в толще мышц, в сухожилиях и хрящах и в тканях внутренних органов. Большое скопление вибрационных рецепторов было обнаружено гистологами в области гортани, особенно в слизистой оболочке подвязочного пространства и мягкого нёба (Грачева, 1963). Имеются виброрецепторы и в стенках ротовой полости, богаты ими стенки носовой полости и так называемых придаточных пазух носа: гайморовой, лобной, решетчатого лабиринта. Интересно отметить, что в толще самих голосовых связок обнаруживается очень мало вибрационных рецепторов. Этим, по-видимому, и объясняется слабая чувствительность голосовых связок к вибрационным раздражениям, которым подвергаются голосовые связки «по долгу службы».

Рецепторы, воспринимающие вибрацию, по своему виду очень сходны со «снарядами мышечного чувства», ³ изображенными на рис. 41, и, по некоторым данным, вибрационные и мышечные рецепторы — это одни и те же образования, способные воспринимать как давление (тактильное чувство), так и ритмические сотрясения (вибрацию). К последним, очевидно, относятся и так называемые быстро адаптирующиеся механорецепторы, обнаруженные исследователями в тканях внутренних органов (Черниговский, 1960).

Подвергаясь вибрации, рецепторы посылают в центральную нервную систему по нервам настоящие электрические сигналы, или разряды нервных импульсов, что и вызывает у нас ощущение вибрации. В сущности, так работают все наши органы чувств, в том числе и глаз, и ухо.

Примечание [MN1]:
3 Выражение И. М. Сеченова.



Рис. 43.

*О. И. Скороходова беседует с академиком Л. А. Орбели
при помощи кожной чувствительности.*

Вибрационную чувствительность иногда по праву называют ближайшим «родственником» слуха. Дело в том, что слуховой аппарат формируется во время роста и развития человека из вибрационного рецептора. Когда-то у очень древних предков высших животных слуха не было вовсе, и они обходились вибрационной чувствительностью, т. е. воспринимали вибрацию всем телом. Так обстоит дело и у ныне живущих низших животных, например у земляных червей. Несмотря на развитие у высших животных глуха — этого тонкого прибора, приспособленного исключительно для восприятия вибрации воздуха, вибрационная телесная чувствительность для человека не потеряла своего значения. Особенно большую службу она выполняет, когда человек по каким-либо причинам лишается слуха. В этих случаях виброслуховательность становится прямо-таки заменителем слуха: человек как бы слушает через свою кожу. Обычно мы не обращаем особенного внимания на собственные вибрационные ощущения: ведь мы имеем более совершенные органы чувств. При потере же слуха виброслуховательность сильно обостряется и говорит человеку об очень многом. Известно, например, что некоторые слепоглухонемые, приложив пальцы к оконному стеклу, могут «услышать» и различить, прошел по улице автобус или трамвай. Подобным же образом слушают глухие музыку, прикладывая руку к деке рояля, а также научаются понимать и чужую звуковую речь, касаясь горла говорящего. Многие из них научаются таким путем даже говорить. «Я люблю держать руку у горла поющего или говорящего, — пишет, например, слепоглухонемая Ольга Скороходова. — Нередко я определяю голос того, кого слушаю. . . Благодаря тому, что я рукой могу ощущать голос, если я держу руку у горла говорящего, я часто кладу руку и на свое горло в то время, когда говорю с кем-нибудь. Делаю я это потому, что чувствую свой голос и могу им до некоторой степени управлять: говорить ниже или выше, тише или громче, резче или мягче (Скороходова, 1956, стр. 93).

Любопытно отметить, что некоторые опытные воспитатели речи глухих считают, что ученик при обучении речи должен касаться не только гортани говорящего, но и всех его резонаторов, особенно верхних. Известный сурдопедагог Ю. А. Якимова считает, что «. . . резонаторы имеют очень большое значение: развитое осязательное внимание слепоглухонемых дает им возможность тонко улавливать вибрационные элементы слова, что придает звучность их речи».

Таким образом, вибрационное чувство позволяет человеку, лишенному слуха, получить ценную информацию о том, как работает голосовой аппарат в процессе звуко вой речи и в соответствии с этой информацией настроить свой собственный голосообразующий орган (Ананьев и др., 1958).



Рис. 44.

«Слушание» собственного голоса при помощи вибрационного чувства.

т — аппарат для выключения слухового контроля;
 м — микрофон
 гмк — генератор механических (вибрационных) колебаний, работающий от микрофона.

Мы приводим эти факты из области сурдопедагогики только с одной целью: они помогут нам уяснить важную роль виброслуховательности в регулировании процесса певческого голосообразования. Искусство пения потому и искусство, что в нем используются самые отдаленные и скрытые источники управления голосом, на которые в процессе обычной разговорной речи мы не обращаем никакого внимания. Одним из таких источников и является вибрационная чувствительность, о которой известно очень мало.

По данным многих исследователей, наиболее чувствительными к вибрации оказываются пальцы рук. Но можно и любые другие участки тела приспособить для «слушания через кожу». Так, например, можно приложить специальную небольшую пластинку к щеке или к груди человека. Если пластинку эту заставить вибрировать от звуков речи при помощи микрофона и усилителя тока, подобно тому как колеблется

мембрана обычного телефона, то глухой может научиться понимать речь (Могильницкий, 1935; Джеллард, 1964). Несколько более сложный прибор для слушания через кожу обеих рук, позволяющий глухому определять даже направление источника звука, предложен не так давно Г. Бекеси (Bekesy, 1955).

Нами был сконструирован прибор для исследования роли вибрационной чувствительности в регулировании голосовой функции (Морозов, 1960). Испытуемый держится правой рукой за рукоятку так называемого генератора механических колебаний (рис. 44, гмк). Рукоятка эта соединена с мощным электромагнитом и начинает вибрировать под действием проходящего через электромагнит переменного тока. Если через обмотки электромагнита пропустить предварительно усиленный ток от микрофона (м) и попросить испытуемого спеть, то он хорошо ощутит свой голос вибрационным чувством пра-кой руки. Чтобы в регулировании голоса испытуемого во время пения не участвовал слух, мы выключаем слуховой контроль известным уже читателю методом заглушения.

Эти опыты показали, что если снятие слухового контроля у многих испытуемых определенным образом нарушало голосовую функцию (наблюдалось форсирование и замедление ритма), то включение указанного дополнительного вибрационного контроля заметно ее восстанавливало. Все испытуемые утверждали, что они хотя и не слышат, но зато хорошо ощущают свой голос вибрационным чувством, что и позволяет им управлять голосом в том случае, когда отсутствует слуховой контроль.

Все приведенные в этом разделе данные убеждают нас в том, что вибрационная чувствительность имеет непосредственное отношение к регулированию голосовой функции человека. Как же это проявляется в процессе пения?

Что такое «маска»?

Благодаря тому что вибрационные рецепторы имеются во всех участках тела, для восприятия вибрации вовсе нет необходимости пользоваться рукой: вибрация ощущается всеми тканями. Как уже говорилось в разделе «Электронное ухо исследует резонаторы» (стр. 113), различные участки голосообразующего аппарата в процессе речи и пения подвергаются вибрационным раздражениям. Если в обычной речи восприятие этой вибрации не имеет существенного значения, то в пении роль этих вибрационных раздражений неизмеримо возрастает. Связано это с тем обстоятельством, что интенсивность вибрационных раздражений при пении в десятки и сотни раз больше, чем при обычной разговорной речи. Измерения показали, что если уровень силы голоса певца на расстоянии 1 м достигает 115—120 дБ, то в самом голосообразующем тракте, например в районе мягкого нёба, он достигает невероятно огромной цифры — более 136 дБ (Фант, 1964). Такое колоссальное переменное звуковое давление способно привести в колебание не только чуткую барабанную перепонку уха (кстати, для барабанной перепонки такой звук разрушителен), но заставить вибрировать и более прочные и массивные ткани.

Невольно возникает вопрос: почему же певцы не глухнут от такой колоссальной силы собственного голоса? Ответ на этот вопрос можно получить в работах Г. Бекешы, который показал, что звук собственного голоса достигает собственной барабанной перепонки не только снаружи, но и изнутри, распространяясь по твердым тканям нашего тела, и действует на барабанную перепонку со стороны внутреннего уха. Таким образом, внешние и внутренние звуковые волны действуют на барабанную перепонку как бы в противофазе и этим в значительной мере взаимно компенсируются и ослабляются (Вёке\$у, 1949).

Тем не менее, несмотря на это своего рода природное защитное приспособление, слух певца подвергается все же весьма значительным звуковым воздействиям. По данным Томатиса, профессиональная певческая деятельность приводит к понижению слуховой чувствительности, что автор объясняет постоянным самоглушением (Tomatis, 1956).

Мощные вибрационные раздражения возникают у певцов не только в ротовой полости, но распространяются и на другие резонаторные полости и участки тела. С восприятием этой вибрации у певцов связаны, казалось бы, самые фантастические ощущения и представления о собственном голосе. Вот здесь-то мы наконец и находим объяснение некоторых из этих ощущений и терминов: если вы будете петь в вокальном отношении правильно, т. е. Максимально активизировать верхние резонаторы (поддерживать их хорошую певческую настройку), то вы обязательно почувствуете сильную вибрацию в области лицевых костей черепа. Чаще всего это будет в области, которая закрывается обычной маскарадной маской, — вот вам происхождение певческого термина «звук в маске». Если же у вас более богатое воображение, то при описании ощущения «маска» вы можете заявить, что звук у вас «исходит из глаз» или «сочится через кости лица» — вот вам другие нередко употребляемые певческие термины, смысл которых нам уже становится понятным. Не вызовет теперь у нас недоумения и термин «головной звук» или рекомендация петь так, чтобы «звучала голова».

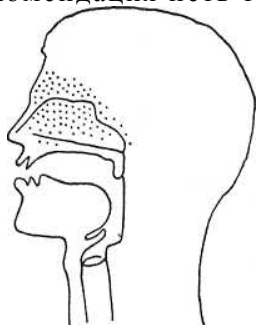


Рис. 45.

Область ощущения певцом «маски».

Почему же вибрация наиболее сильно ощущается именно в области «маски»? Связано это с тем, что в лицевых костях черепа имеется целый ряд полостей, известных в анатомии под названием придаточные пазухи носа: это — гайморова, лобная, основная, решетчатый лабиринт. Эти придаточные пазухи представляют собой нечто вроде причудливых пещер и каналов в лицевых

костях. Все они соединены между собой и с носовой полостью узкими, извилистыми ходами (рис. 46).

В теории вокального искусства часто идут споры о том, являются ли эти полости резонаторами или нет (Заседателев, 1935; Левидов, 1939). Если носовая полость, яв-

ляющаяся бесспорным резонатором, может рассматриваться как ответвление рото-глоточной, то придаточные пазухи — это ответвления носовой полости. Поскольку же они не имеют выхода в окружающее пространство, а отверстия, соединяющие их с носовой полостью, настолько узки и забиты слизью, что их не всегда удается обнаружить даже при помощи тонкого зонда, то весьма сомнительно, что эти полости могут оказывать сколько-нибудь существенное акустическое влияние на спектр певческого голоса.

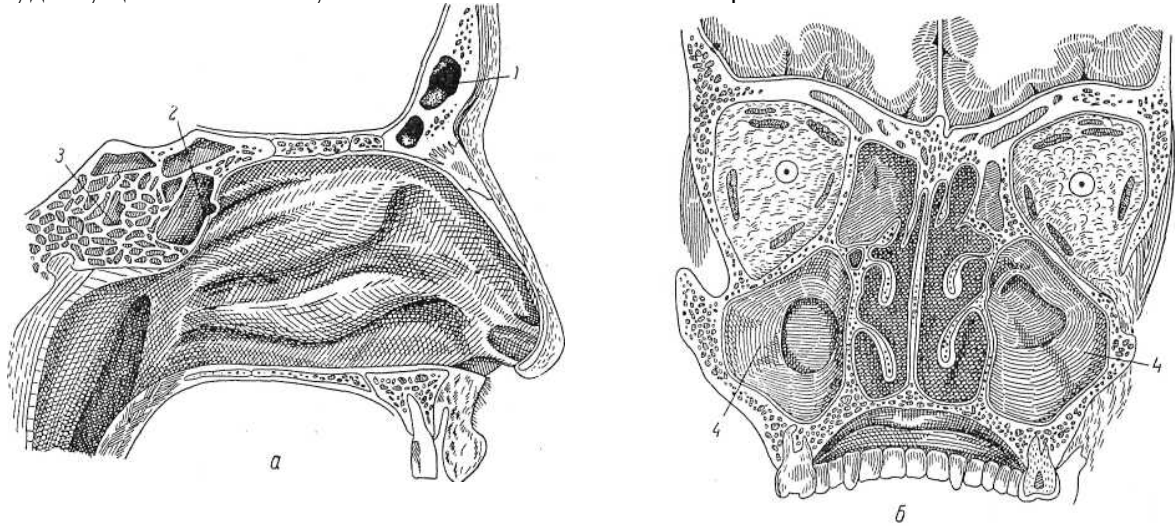


Рис. 46.

Придаточные пазухи носовой полости, вибрационные раздражения которых создают ощущение «маски».

1 — лобная; 2 — основная; 3 — решетчатый лабиринт; 4 — гайморовы полости.

Тем не менее в певческой практике очень часто можно слышать разговоры о важной роли «головных резонаторов», под которыми подразумеваются придаточные пазухи носа. Вызвано это не чем иным, как сильнейшими вибрационными ощущениями певцов в области этих «резонаторов». Дело в том, что в тканях, выстилающих эти полости, разветвляется огромное количество чувствительных нервных окончаний лицевого (тройничного) нерва, которые, подвергаясь вибрационным раздражениям, и создают специфические певческие ощущения вроде «маски» или «головного» резонирования.



Рис. 47.

«Нужно ощущать высокую позицию и близкий звук», — советует студенту Ленинградской консерватории Н. Момоту пражский певец и вокальный педагог П. Кочи. Запись урока ведет сотрудник физиологической акустики В. Н. Попов.

Термин «маска», широко употребляемый педагогами прошлого, теперь употребляется сравнительно редко. Вместо него часто можно услышать термин «высокая позиция звука». Нужно, однако, заметить, что «высокая позиция» связана не только с ощущением хорошей вибрации верхних резонаторов певца, но и с особенностями тембра звука: звуки, богатые высокими обертонами, а главное — с хорошо выраженной высокой певческой формантой, опытные певцы связывают с термином «высокая позиция». Если же в голосе певца плохо выражена высокая певческая форманта, его голос называют «позиционно низким». Таким образом, в термин «высокая позиция» вкладывается более богатое содержание, чем в термин «маска»,

Вибрационным раздражением подвергаются не только области верхних резонаторов певца, но и нижнего (грудного) резонатора. В разделе «О певческой опоре» (стр. 127) было показано, что восприятие певцом вибрации грудной клетки имеет непосредственное отношение к происхождению термина «опора».

Еще хотелось бы сказать о выражении «звук должен стоять на костях». По всей вероятности, это выражение также связано с вибрационной чувствительностью. Дело в том, что ученые долгое время не могли определить, где находятся рецепторы, воспринимающие вибрацию. Сначала думали, что они располагаются только в надкостнице и поэтому одно время вибрационную чувствительность именовали «костной чувствительностью». При действии вибрации на тело человека действительно получается такое субъективное ощущение, будто бы вибрация воспринимается именно костной тканью.

При правильном пении на хорошей опоре и с хорошей озвученностью всех резонаторов у певца возникает сильное ощущение вибрации буквально во всех участках тела, все кости дрожат. Этим ощущением, по-видимому, и объясняется термин «звук па костях».

Обратные связи голоса

... всякое движение... дает нашему сознанию при посредстве так называемого мышечного чувства немые, но настолько определенные чувственные знаки, что мы тотчас же узнаем по ним происшедшую перемену в положении.

И. М. Сеченов.

Обратимся теперь к вопросу о том, какое значение для певца имеет восприятие вибрационных раздражений различных участков его тела. Иногда в литературе можно встретить высказывания о том, что вибрационные колебания различных участков тела певца во время пения являются не чем иным, как бесполезной тратой акустической энергии его голоса. Вряд ли можно согласиться с таким мнением. Поскольку вибрационные раздражения хорошо ощутимы, они являются для певца важнейшим средством контроля над собственным голосом. В частности, при помощи этих вибрационных ощущений певец может судить о том, насколько интенсивно озвучены у него те или иные резонаторы, насколько интенсивны звуковые процессы в различных участках голосового аппарата. Так, например, ощущение «маски» является сигналом хорошей озвученности и правильного использования верхних резонаторов (рот, носоглотка, нос), в то время как плохое ощущение «маски» говорит об обратном. В соответствии с этой важной информацией певец и осуществляет регулировку и настройку своего голосового аппарата в процессе пения.

Подобный способ регулирования на основе оценки результатов совершаемых действий в физиологии и технике получил название принципа обратной связи (Винер, 1958).⁴ В данном случае важнейшая роль вибрационной чувствительности заключается в том, что она сигнализирует обратно, в центральную нервную систему, о том, как вибрируют стенки резонаторов.

По данным Ван-ден-Берга, стимулом, раздражающим вибрационную чувствительность в области мягкого нёба и носящим характер обратной связи, может служить не весь спектр звука, а только лишь часть его — вторая форманта (Van den Berg, 1955). По мнению Фанта, более эффективной в этом отношении является первая форманта (Фант, 1964).

Роль вибрационной чувствительности как важнейшей регулирующей обратной связи в пении на этом не ограничивается. Из физиологии известно, что вибрационные раздражения оказывают сильнейшее стимулирующее влияние на нервную систему и другие системы организма. Выдающийся русский физиолог и клиницист В. М. Бехтерев применял вибрационные раздражения для излечения ряда заболеваний, связанных с расстройством нервной системы. Фониатр и отоларинголог Е. Н. Малютин вибрационными раздражениями успешно вылечивал серьезные расстройства голосовой функции: потерю голоса (афония), различные аномалии голосовой функции (детский голос у мужчин и т. п.). Для этого Малютиным был даже сконструирован специальный прибор — гармонический вибратор.

Эффект вибрационных раздражений заключается в том, что, воздействуя на нервные окончания, они поднимают тонус нервных центров (главным образом симпатической нервной системы), что рефлекторно влияет на состояние многих органов и систем организма — дыхание, кровоснабжение, двигательную функцию и несомненно голосовую.

Сильные вибрационные раздражения задней стенки глотки, мягкого и твердого нёба певца рефлекторно придают его голосу большую звонкость и мощность. Ввиду этого указанные рефлексогенные области Юссон предлагает назвать «активизирующими полями».

Таким образом, положительные воздействия обратной вибрационной связи осуществляются не только через сознание певца, позволяя ему лучше осуществлять настройку своего голосового аппарата, но и бессознательно, путем так называемых безусловных рефлексов. Имея в виду указанные обстоятельства, нет никаких оснований утверждать, что вибрационные раздражения, которые испытывает голосовой аппарат певца во время пения, являются лишь бесполезной тратой его акустической энергии.

Совершенно ясно, что обратная связь на основе вибросенситивности не является единственной в регулировании голосообразующего аппарата: важнейшие обратные связи осуществляются на основе слуха и мышечного чувства. О важности слуха говорится всегда много и вполне обоснованно. Вместе с тем приходится иногда слышать, как музыканты (и значительно реже певцы), с большим уважением говорящие о слухе, нередко пренебрежительно отзываются о мышечном чувстве, которое в их представлении является более низким органом чувств, чем слух. Но, как мы видим, никаких оснований для такого пренебрежения нет. Слух хотя и является важнейшим оценщиком музыкальной и вокальной продукции (для него она и предназначена), совершенно не в состоянии один руководить технологией образования голоса и речи. Для этого он обязательно должен

Примечание [MN1]: 4

Существует мнение, что понятие «обратная связь» заимствовано физиологами из кибернетики. Это неверно, так как еще задолго до появления кибернетики как науки принцип обратной связи был сформулирован в трудах наших ведущих физиологов. Еще в 1937 г. П. К. Анохин (1957) для характеристики этого явления предложил термин «обратная афферентация». Идея обратной связи нашла также отражение в трудах И. М. Сеченова, который писал об органах чувств как о «чувствующих снарядах», дающих сознанию «чувственные знаки», на основе которых и происходит регулирование движений.

кооперироваться с внутренними чувствами — мышечным и вибрационным. Более того, слух даже не является единственным и конечным адресатом, которому предназначается информация, заложенная в звуке. Как мы убедились на многих примерах, важнейшая роль в оценке воспринимаемых ухом звуков принадлежит и мышечному чувству. Значит, мышечное чувство разделяет со слухом, казалось бы, бесспорно монопольное его право, оценивая «технологическую» сторону звукообразования. Это находит отражение в терминах, которыми мы характеризуем звуки голоса. Вы обратили внимание на то, что очень многие из этих терминов вовсе не «звуковые», а скорее «мышечные». В самом деле, что такое зажатый звук, легкий, тяжелый, утробный, связочный, горловой, глубокий и т. д.? Термины эти и целый ряд подобных прямо говорят о технике образования этих звуков, а не о их акустических свойствах, которые, кстати говоря, воссоздаются нашим слухом уже потом, после того как мы представим себе, каким путем эти звуки формируются. Роль мышечных движений, имитирующих в миниатюре способ образования слышимых звуков и тем самым помогающих слуху в оценке звука, для нас должна быть ясна: слуховой анализатор, воспринимающий звук, как бы отдает часть информации «на рецензию» мышечному чувству.

А зрение? Это тоже, оказывается, помощник слуха. Всем известно, что люди, плохо слышащие или даже совсем глухие, могут хорошо понимать звуковую речь только тогда, когда видят лицо говорящего. У глухих есть даже термин: чтение с лица. А как внимательно смотрит нам в лицо ребенок, когда он учится говорить! Точно так же мы пользуемся зрением при овладении иностранным языком и при обучении пению. С целью зрительного самоконтроля в каждом классе консерватории стоит зеркало. Кроме того, зрительный контроль (при помощи приборов) за дыхательными движениями, за вибрацией резонаторов или за уровнем высокой певческой форманты помогает певцам разобраться в сложной технике певческого голосообразования и усвоить правильную певческую позицию. Но все же зрение в вокальной педагогике используется еще далеко не достаточно. Можно только мечтать о хорошем научно-популярном или учебном фильме, где наглядно и убедительно будет рассказано о тайнах вокала.

Нет ничего удивительного в том, что в управлении голосом участвуют многие органы чувств: ведь певческий процесс очень сложен по своему выполнению. В пении разница между правильно и неправильно подчас бывает настолько мала, что необходимо применить не один точный измерительный прибор, чтобы ее обнаружить. Такими измерительными приборами и являются наши органы чувств: они точно осведомляют центральную нервную систему, как протекает певческий процесс, а также и все другие процессы. Поэтому-то физиологи и стали называть органы чувств обратными связями, т. е. связями, сообщающими «обратно», в центральную нервную систему, о том, как выполняются ее приказания (Анохин, 1957).

Одни органы чувств обращены в окружающее пространство (слух, зрение, обоняние) и сообщают, что происходит снаружи, а другие — обращены внутрь организма и сигнализируют о всех изменениях внутри организма в процессе пения (мышечное, вибрационное и т. д.). Взаимодействие между всеми этими внешними и внутренними чувствами, образование между ними условных рефлексов и является основой не только пения, но и всей жизнедеятельности человека или, как говорил И. П. Павлов, «уравновешивания организма с окружающей средой».

В этом разделе хотелось бы особо подчеркнуть роль вибросочувствительности в регулировании процесса певческого голосообразования: роль вибросочувствительности в вокальной речи несравненно больше, чем в обычной речи.

Вокальное искусство предъявляет особые требования к силе и качеству певческого звука: слабый речевой аппарат должен стать мощно, красиво и далеко звучащим «музыкальным инструментом». Решается эта задача не просто силой и феноменальной выносливостью голосового аппарата (в искусстве пения такой путь не признается). Интуитивно и часто совершенно не отдавая себе отчета, путем проб и ошибок певец стремится наилучшим образом использовать не только законы физиологии, но и акустики. Так, мы видим, что в голосе хорошего певца звуковая энергия фокусируется главным образом в области высокой певческой форманты, т. е. в области максимальной чувствительности нашего слуха. Это дает выигрыш в громкости при той же силе голоса. Далее, мы видим, что резонаторы певца особым образом перестраиваются и этой перестройкой в большей мере руководит вибрационная чувствительность, оценивая степень вибрации стенок резонаторов как результат их большей или меньшей настройки. Недаром поэтому такие термины, как маска, опора, высокая позиция, звук в резонаторах, связаны именно с вибрационными ощущениями.

Вибросочувствительность помогает не только слуху, но и мышечному чувству: если мышечное чувство, образно говоря, сигнализирует о том, какие меры приняты или принимаются для образования звука в голосовом аппарате, то вибрационное чувство говорит о том, каков результат этих мер. Слух о том же самом сообщает из внешнего пространства, а

виброчувствительность изнутри голосового тракта. Очень тесное содружество трех органов чувств!

Большую роль в пении играет также оценка степени подвязочного воздушного давления в легких и трахее — барочувствительность, а также кожно-тактильное чувство (осязание).

Доказано, что в легких и трахее имеется целая система рецепторов, реагирующих на давление, движение воздуха и растяжение (Сергиевский, 1950; Черниговский, 1960), которые и дают начало обратной связи, регулирующей фонационное дыхание.

Таким образом, мы приходим к выводу, что голосовая функция располагает целой системой регулирующих обратных связей. Наличие многих механизмов регулирования и приводит к тому, что нарушение одного из них, даже самого главного, например слуха, не выводит из строя весь механизм: другие обратные связи берут на себя функцию нарушенной, происходит замещение утраченного средства контроля, или, как говорят физиологи, викарирование (Айрапетьянц, 1960). Оттого-то у глухих так сильно развивается виброчувствительность, а у слепых — слух и мышечное чувство. Если же слух сохранен, но процесс регулирования усложняется (от обычной речи переходим к пению), то роль всех обратных связей значительно возрастает, а некоторые из них, как например виброчувствительность, приобретают особо важное значение.

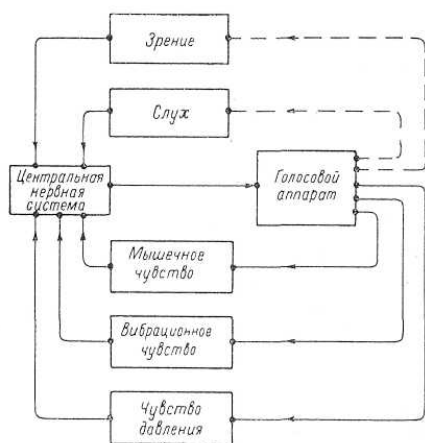


Рис. 48.

Схема обратных связей голосового аппарата.

Если теперь с этих позиций вернуться к термину «вокальный слух», то становится ясно, что физиологической основой вокального слуха является взаимодействие очень многих органов чувств в пении: слуха, мышечного чувства, вибрационной чувствительности, зрения, барорецепции и некоторых других. Вокальный слух — это не просто слух, а целая система хорошо развитых регулирующих обратных связей голосового аппарата (рис. 48).

Вдохните запах чудной розы!

... тот род явлений, который субъективно изображается как эмоция, может быть не только бесполезным эпифеноменом нервного действия, но и способен управлять некоторыми существенными стадиями в научении и в других подобных процессах.

И. Винер.

Участие многих органов чувств в певческом процессе находит яркое отражение в вокальной терминологии. Певческие термины и выражения отличаются огромным, поражающим разнообразием, заимствуются из очень многих научных областей, но главным образом рождаются из субъективных ощущений и представлений певцов о механизмах голоса.

Важнейшей отличительной чертой вокальной терминологии является ее удивительная образность и эмоциональность. Это вполне закономерно, поскольку пение, музыка и являются, в сущности, средством выражения эмоционального состояния человека, разговором со слушателем языком чувств и эмоций. «Словесные характеристики качества тембров, — писал Н. А. Римский-Корсаков, — крайне затруднительны и неточны. Приходится их заимствовать из области зрительной, осязательной и даже вкусовой. Связь представлений из этих якобы чуждых музыке областей с представлениями слуховыми для меня, однако, несомненна».

Особенно широко певцы и музыканты пользуются зрительными сравнениями и образами. «Как много солнца в голосе у этого певца!», — услышите вы и сразу представите голос звонкий, сильный, жизнерадостный. А еще, оказывается, бывают голоса яркие и тусклые, темные и светлые, а звуки — круглые, плоские, широкие, узкие, матовые... Связь зрительных впечатлений со слуховыми вполне закономерна и объясняется законами физиологии. Известны даже случаи «цветного слуха», которым, как известно, обладали композиторы Н. А. Римский-Корсаков, А. Н. Скрябин и некоторые другие: все звуки и аккорды казались им окрашенными в различные цвета.

Но в известной мере цветным слухом обладают все люди: разве не связываем мы в своем воображении звуки грубые и мрачные с темными красками, а звуки звонкие и веселые со светлыми жизнерадостными тонами? «Через слушание всегда видится, о чем поется», — говорит А. В. Свешников (1962).

Таким образом, зрительные впечатления придают слуховым ярко выраженный эмоциональный характер. Композитор слагает музыку не только из того, что слышит, но и из того, что видит. Несомненно, что зрительные впечатления в этом смысле способны повлиять и на окраску голоса певца в определенные тембровые оттенки, а у слушателя эти оттенки вполне закономерно ассоциируются со зрительными впечатлениями. Послушайте голос слепого певца — он уныл и печален. Не потому ли, что слепому певцу недостает ярких зрительных впечатлений, так сильно влияющих на наше музыкальное воображение и тембр голоса?

Многие педагоги для развития у певцов правильной певческой позиции и полетности голоса рекомендуют зрительно представить далекое расстояние: «как будто вы стоите не в классе, а в очень большом зале и вам нужно спеть так, чтобы голос хорошо был слышен в самых отдаленных уголках зала» или «как будто вы поете на берегу широкой реки и ваш голос должен быть слышен на другом берегу» и многие другие «как будто». При этом рекомендуется добиваться этой хорошей звучности голоса не за счет силы звука, а за счет увеличения звонкости и полетности голоса. Подобным советом нужные качества голоса нередко достигаются значительно эффективнее, чем десятками непосредственных указаний: «не углубляй звук», «следи за дыханием», «соблюдай высокую позицию», «пой близко» и т. д.

Если же у певца не ладится что-то с дыханием, то дается совет: «Вдохни так, как будто вдыхаешь запах чудной розы». Нередко это быстрее приводит к цели, чем всякие «вдохни глубже», «держи дыхание», «раздвинь ребра» и т. д. Мы говорили об участии очень многих органов чувств в пении. Этот же совет адресуется, казалось бы, к совершенно постороннему чувству — обонянию и тем не менее достигает результата. Почему? Ответ очень прост: когда мы вдыхаем приятный запах, то органы дыхания ведут себя совсем иначе, чем при вдыхании обычного и тем более неприятного запаха.

И. П. Павловым показано, что если в рот попадает приятная, вкусная пища, то желудок и кишечник сразу же готовятся принять эту пищу (происходит движение, сокоотделение и т. д.). Если же пища невкусная, то никакой подготовки к принятию пищи в желудке не происходит, а при очень большом отвращении к пище может даже произойти

спазм пищеварительного тракта (рвота). Вызываются эти явления рефлексом, имеющим начало в ротовой полости.

Нетрудно представить, что подобные рефлекторные взаимоотношения между начальными и последующими инстанциями существуют не только для пищеварительного, но также и для воздухоносного тракта человека: вдыхание приятного запаха раздражает нервные окончания в носовой полости и рефлекторно настраивает нижние дыхательные пути к более глубокому вдоху и правильному распределению воздуха в легких (вспомните, как легко и приятно дышится в пахучем сосновом бору). А это-то и важно для правильного певческого вдоха.

Таким образом, чтобы подействовать на певческое дыхание, мы адресуемся не только к непосредственному «хозяину» легких — мышечному чувству, но также и к зрению и даже к обонянию певца, а главное — через эти органы чувств — к его образному воображению.

Дискуссионным в вокальной педагогике является вопрос о том, следует ли певцу стараться ощущать свои голосовые связки во время пения или не следует. Нельзя, конечно, отрицать важности мышечных ощущений из области гортани: для опытного певца они многое говорят и, конечно, могут способствовать управлению голосом. В то же время многие опытные мастера вокального искусства в своих высказываниях говорят о необходимости скорее неощущения, чем ощущения голосовых связок и мышц гортани во время пения, подобно тому как не ощущаем мы, например, нормальную работу сердца. Если певец начинает ощущать гортань во время пения, то это, по их мнению, первый признак утомления голоса и сигнал к прекращению занятий. Поэтому наиболее опытные вокальные педагоги давно уже отказались от методов вмешательства в работу гортани. От них не услышишь: «под ними гортань!», «опусти гортань!», «сомкни голосовые связки!». Практика показывает, что после таких советов неопытный ученик часто начинает, что называется, «сажать голос на связки», «петь горлом», «зажимать звук» и так далее.

Что же делать? Неужели область гортани следует объявить неуправляемой зоной? Конечно, нет. Управление гортанью и голосовыми связками возможно и необходимо. Только осуществляется оно не прямым, а косвенным воздействием на их работу. Физиологической основой для такого рода управления является рефлекторная зависимость между мышцами гортани, с одной стороны, и дыхательными, артикуляторными, шейными, лицевыми мышцами — с другой. Вот здесь-то и проявляется искусство педагога управлять этими рефлексам. Вот здесь-то и необходим ему тот минимум физиологических знаний, без которых он не сможет грамотно составить программу своих действий и советов типа «как будто».

Выражений этих тысячи. Среди них есть, конечно, более или менее удачные или неудачные, заставляющие задуматься или вызывающие улыбку, удивительно меткие и изящные, а наряду с этим и просто неприемлемые с эстетической точки зрения (так, например, один педагог для развития у ученика ощущения верхних резонаторов предлагал ему ... «высморгаться (!) звуком».

Многие из рекомендаций рождаются внезапно в ходе работы. Один опытный педагог, видя, что у ученика не получается высокая нота, советует: «Костенька, прежде чем взять эту ноту, приготовь в голове большое пустое место и пой с этого места!». Костенька — врач. Он великолепно знает, что звук рождается в гортани, а не в «большом пустом месте в голове». Но эффект поразительный: нота звучит правильно, звук «в резонаторах» и «в высокой позиции», словом, то, что нужно. Теперь только запомнить это ощущение и то, как оно вызывается: умеренный вдох, поднятие мягкого нёба и как бы расширение всех верхних резонаторов. Цель достигнута!

А педагог? Ему тоже хорошо известно, что «приготовить в голове большое пустое место и петь с этого места» — это чистейшая нелепость не только с точки зрения физиологии, но и здравого смысла. Однако нужно как-то отвлечь внимание певца от излишнего напряжения горла и заставить его активизировать верхние резонаторы. Сказать это прямо: «не горли», «подними мягкое нёбо» и т. д. — по опыту знает, что не поможет. Нужно что-то новое, необычное. Вот и рождается образ: фантазия, гипербола, метафора, гротеск — что угодно! В результате — цель достигнута! Чего же еще более?

Многие педагоги с целью управления певческим процессом рекомендуют обращаться к таким чувствам, как боль, плач, смех, радость, гнев, и добиваются неплохих результатов. В этом нет ничего удивительного: ведь пение — это выражение эмоций, и управлять певческим процессом легче всего при помощи эмоций. Голос, не основанный на эмоциях, не представляет интереса ни с вокально-технической, ни с эстетической точек зрения и ведет к бескровному и обреченному на неудачу звукоподражанию.⁵

Таким образом, мы приходим к выводу, что секрет обучения пению заключается вовсе не в том, какими терминами пользуется вокальный педагог в своей практике, а скорее в том, насколько точно сможет он передать ученику свое понимание сущности

вокального процесса, а главное — насколько правильно само по себе это понимание. Если оно правильно, то способ, которым он пользуется для передачи своих представлений другому лицу, — это, так сказать, дело вкуса и взаимопонимания. Певцы, в большинстве своем — народ эмоциональный, прибегают к образному эмоциональному языку. Но стоит ли ставить им это в вину? Разве выдающиеся ученые, такие как И. М. Сеченов, К. А. Тимирязев, С. И. Вавилов, для того чтобы быть понятыми, не прибегали к образам и сравнениям? В. И. Ленин писал: «...без „человеческих эмоций" никогда не бывало, нет и быть не может человеческого искания истины» (Соч., т. 20, изд. 4, стр. 237). В этом смысле лишить язык вокалистов образности и эмоциональности — это все равно что вместе с водой выплеснуть и ребенка.

Другое дело, когда человек, как говорят, в корне неправильно понимает сущность явления. Если он базируется не на действительных, а вымышленных им же самим законах работы голосового аппарата в пении, то здесь не сможет помочь ни самая современная научная терминология, ни самая смелая образная фантазия. Скорее наоборот,

Итак, если в передаче научных идей можно обойтись и без научных терминов, то в понимании сущности самих явлений природы, в том числе и жизненных процессов, лежащих в основе пения, обойтись без науки нельзя.

В этой книге мы рассказали лишь о некоторых из тайн вокальной речи. Большинство же их науке в содружестве с искусством предстоит еще раскрыть в дальнейшем. Особого интереса заслуживает изучение физиологических механизмов и путей эмоционального воздействия артиста на слушателя. Искусство целиком основано на передаче эмоциональной информации и, если угодно, на моделировании эмоций. Эта особая цель искусства рождает и особые средства. В частности, акустико-физиологические особенности вокальной речи, о которых шел разговор на страницах этой книги, продиктованы именно необходимостью передачи эмоциональной части информации («как» по К. С. Станиславскому). В этом смысле искусство вокальной речи, как, впрочем, и любой другой вид искусства, может быть великолепной моделью для изучения человеческих эмоций, которые, сопровождая любые человеческие искания истины, в значительной мере определяют характер этих исканий и их результаты.