

Н. И. ЖИНКИН, В. Н. СОБОЛЕВ, Л. Н. ХРОМОВ

**РАБОТА ГОРТАНИ ПРИ ПРОИЗНЕСЕНИИ ИНТЕРВОКАЛЬНЫХ  
СМЫЧНЫХ ГЛУХИХ СОГЛАСНЫХ В РУССКОМ ЯЗЫКЕ**

1. До недавнего времени все без исключения фонетисты не сомневались в том, что звук *n* в слове *nana* потому и называется смычным и глухим, что в процессе его произнесения голосовые связки не работают, на смычке происходит перерыв фонации, а в момент снятия смычки появляется глухой (безголосый) взрыв. Замечено, что согласные, и особенно глухие, являются артикуляционно более сильными, чем гласные. Это значит, что слабая фонация глухих усиливается более активной артикуляцией и обеспечивается большим воздушным давлением, что может быть достигнуто путем раскрытия голосовой щели. Традиционная концепция подтверждается фактами, очевидными по своей наглядности при безинструментальном наблюдении, и не противоречит нашему восприятию звуков речи.

В последнее время обнаружались факты, которые колеблют ясную и простую традиционную концепцию. Но новые факты все же противоречивы. По наблюдениям одних оказывается, что при произнесении интервокального согласного голосовая щель не открыта, а плотно закрыта, по наблюдениям других голосовая щель признается открытой, но вопреки прежним представлениям смычка губ не прерывает фонации, так как на голосовых складках иногда образуется основной тон определенной частоты. В таком случае *n* нельзя назвать глухим. Можно ли тогда говорить о противопоставлении глухости и звонкости? Но так как тонкий человеческий слух все же не замечает в потоке речи тона в глухих согласных, следует как-то объяснить это странное явление восприятия речи.

Воспринимаемые в речи единицы трудно интерпретировать, если не учесть иерархическую структуру объекта восприятия. Возможно, что на разных уровнях характер восприятия различен. В этой связи представляют интерес соображения Х. Рихтера, который предлагает рассматривать речевой поток на трех уровнях<sup>1</sup>. Фонемно-аллофонный уровень (или, как автор называет его, текст) состоит из дискретных сегментов. Следующий — фонетический уровень образует непрерывные сегменты, слоги. Этот уровень является объектом слухового восприятия. Если же аудитору предъявляются тексты, в которых следует описать признаки перцептивного кодирования в процессе производства речи говорящим, то в этом случае сегментные тексты, вне зависимости от того, являются ли они фонемно-аллофонными или фонетическими, рассматриваются как неслуховые тексты (*keine auditive Texte*). В качестве слуховых (аудитивных) текстов на третьем уровне выступают только интонационные, супрасегментные тексты. Супрасегментная значимость не может служить специфическим различителем того класса звуковых признаков, которые являются релевантными в языковом плане.

<sup>1</sup> H. Richter, Zur Kategorialitätsegmentelle Abhörtexte, сб. «Gesprochene Sprache», Wiesbaden, 1966.

Из классификации Х. Рихтера все же остается неясным, воспринимаются или нет звуки в процессе речи как дискретные элементы, что происходит с этими звуками, когда на них накладывается сильный груз интонации и почему собственно языковые признаки при этом остаются релевантными, в то время как речевые значительно меняются. Если язык рассматривать как код, т. е. как свод парадигматических правил кодирования, а речь как реализацию этих правил в каком-либо сенсорном сигнальном материале и соответственно как знаковую систему, то проблема восприятия сведется к определению уровней кодирования и декодирования при производстве и приеме речи.

2. Факты, изменяющие традиционное представление о производстве смычных глухих в интервокальном положении, были впервые установлены в лаборатории Л. А. Чистович А. В. Венцовым<sup>2</sup>. Автор исходит из предположения о том, что время смычки согласного находится в диапазоне 60—250 мсек, а время полного сведения и разведения голосовых связок занимает 160—170 мсек. Таким образом, время цикла отведение — приведение не всегда укладывается во время смычки. Следовательно, при смычке голосовая щель должна оставаться сомкнутой, как при произнесении гласных, а не раскрытой, как думали раньше. Однако голосовые складки, хотя и сомкнуты, но не фонируют, так как, по предположению А. В. Венцова, ослабляется натяжение поперечной черпаловидной мышцы и раскрывается так называемый шепотный треугольник, через который воздух входит в ротовую полость; в результате подсвязочное и ротовое давления выравниваются и условия для фонирования пропадают. После окончания смычки перепад давления на связках восстанавливается и начинается фонация гласного. Эта гипотеза проверялась на специально сконструированном аппарате, позволяющем искусственно снижать внутриротовое давление.

Опыты, проведенные А. В. Венцовым, следует признать искусными, а аргументация гипотезы кажется логичной. Однако возникают некоторые сомнения. Если фонация предшествующего гласного кончается в момент начала смычки и возобновляется на следующем гласном, а во время смычки имеет место чистая или пустая пауза, то остается неясным, почему возникающий звук является согласным определенного качества и слышится как глухой (*n, k, m*). Пусть одновременно с закрытием рта для смычки откроется шепотный треугольник. Тогда перевес ротового давления над подсвязочным прекратит фонацию. При взрыве фонация возникает снова, так как связки уже подготовлены к звучанию гласного, но при этих условиях не может образоваться звук, специфический для глухого согласного. Он не может возникнуть и на смычке, так как беззвучие не порождает звука.

Сомнение возникает и относительно работы шепотного треугольника. При фонации поперечная черпаловидная мышца накрепко запирает шепотный треугольник. Иначе воздух, проходящий мимо голосовой щели, будет нарушать речевое дыхание. Появится так называемая воздушность произнесения, наблюдаемая при патологии речи. Сомнительно, чтобы такая экстренная мера, как раскрытие шепотного треугольника на время смычки, была принята в ряду других артикуляционных приемов. Тем более, что голосовая щель может стать шире или уже, без осуществления полного цикла приведения и отведения. Так, голос певца может легко переходить с грудного регистра на фальцет, при котором голосовая щель остается слегка приоткрытой. Следует обратить внимание также и на недостаток

<sup>2</sup> А. В. Венцов, О работе голосовых связок при глухих смычных интервокальных согласных, сб. «Механизмы речеобразования и восприятия сложных звуков», М.—Л., 1966.

методики проверки гипотезы А. В. Венцова — понижение внутриротового давления проводилось искусственно, а не в естественных условиях речи.

Для выяснения механизма работы гортани при произнесении глухих согласных было признано необходимым произвести прямые наблюдения в естественных условиях<sup>3</sup>. Для наблюдения были применены два прибора — глотограф и фотолор. Глотограф регистрирует электрический импеданс гортани. По глотографической записи можно судить о моментах открытия и закрытия голосовой щели. При этом записываются два вида колебаний: а) низкочастотные — в диапазоне частот от 1 гц до 200 гц и б) высокочастотные — в диапазоне частот от 16 гц до 1000 гц. В контрольных опытах было определено, что низкочастотные колебания соответствуют установочным изменениям просвета гортани, в том числе приведению и отведению голосовых связок; высокочастотные регистрируют частоту колебаний голосовых связок. Фотолор представляет собой фотоаппарат, который может быть введен в полость рта так, что испытуемый способен произносить гласные.

Из глотографических записей видно, что интервокальное *n*, например, в слове *nana* произносится в полуолне увеличения электрического импеданса, что свидетельствует о том, что голосовая щель открыта.

Фотографии, полученные при помощи фотолора, показывают, что при шепотном произнесении гласных раскрытие голосовой щели начинается с конца, который на очень короткое время действительно приобретает вид треугольника, но в дальнейшем раскрытие распространяется на всю длину голосовой щели. При этом в разных случаях размер поперечника щели меняется — щель принимает форму от очень тонкой до сравнительно широкой полоски. В зарегистрированных опытах шепотного произнесения никогда не отмечалось полного отведения голосовых мышц. Хотя фотолор не дает возможности зарегистрировать положение голосовых связок при произнесении согласных, полученные данные прямо свидетельствуют о том, что голосовая щель может быть приведена в разные позиции по величине отстояния голосовых складок. Соответственно время раскрытия может меняться от нескольких миллисекунд до 90 мсек.

Эти данные, как видно, восстанавливают традиционную концепцию произнесения шумных взрывных согласных. Однако соображения общего порядка все же толкают на пересмотр старых взглядов.

Неизвестно, как влияет отсутствие основного тона в глухих согласных на мелодику как один из существенных компонентов интонации речи. Будет ли мелодика прерываться и при каких перерывах она может быть восстановлена в восприятии за счет избыточности мелодического движения? Усиливает или ослабляет основной тон всяких согласных вообще просодическую функцию речи?

Эти вопросы затрагивают как акустический аспект процесса, так и психологию восприятия речи. Апория, поставленная А. В. Венцовым, возвращается, но в другой, более общей формулировке. Дело не в том, что время смычки меньше, чем цикл разведения и сведения голосовых складок. Пусть время, необходимое для приведения складок в фонационное состояние, сократится — все равно остается неясным, чем создается глухость смычного согласного.

<sup>3</sup> См.: Н. И. Ж и н к и н, Ю. М. О т р я ш е н к о в, Г. Т. Б е к б у л а т о в, Л. Н. Х р о м о в, Приведение и отведение голосовых складок как компонент артикуляции, сб. «Теоретические и экспериментальные исследования в области структурной и прикладной лингвистики», 6, М., 1972; см. также: Н. И. Ж и н к и н, Ю. М. О т р я ш е н к о в, Г. Т. Б е к б у л а т о в, Л. Н. Х р о м о в, Существует ли шепотный треугольник?, там же.

3. Надо было воспользоваться такой методикой, которая разрешала бы надежное выделение основного тона не только из состава гласного, но и из согласных разного вида, в том числе и глухих взрывных. Такая методика была разработана Ю. А. Лейбманом и В. Н. Соболевым <sup>4</sup>.

Речевой сигнал  $f(t)$ , записанный на магнитную ленту, вводится посредством аналого-цифрового преобразователя в электронную цифровую вычислительную машину <sup>5</sup>. В процессе ввода непрерывный сигнал  $f(t)$  заменяется последовательностью его дискретных значений  $f(n)$  <sup>6</sup>. Машина разбивает дискретизированный речевой сигнал на ряд последовательно расположенных отрезков продолжительности  $T = 22$  мсек. Для каждого отрезка речевой волны машина рассчитывает дискретизированную кратковременную автокорреляционную функцию по формуле

$$R_j(l) = \sum_{k=0}^K f[(j-1)K + k] \cdot f[(j-1)K + k + l],$$

где  $j$  — номер отрезка речевой волны,  $l$  и  $k$  — дискретные времена, текущие с момента, соответствующего началу  $j$ -го отрезка [ $l = 0, 1, 2, \dots, K$ ;  $k = 0, 1, 2, \dots, K$ ;  $K = \text{entier} \left\{ \frac{T}{2\Delta t} \right\}$ ].

Абсциссы максимумов функции  $R_j(l)$  соответствуют интервалам наибольшей корреляции в речевой волне, поэтому наиболее вероятные значения усредненной (на интервале  $T$ ) частоты основного тона рассчитываются машиной по формуле

$$F_o^i = \frac{1}{\lambda_i \cdot \Delta t},$$

где  $\lambda_i = \arg \max_{0 < l < K} [R_j(l)]$ ,  $i$  — номер максимума.

Чем выраженнее всплеск в автокорреляционной функции, тем больше вероятность того, что он соответствует усредненному периоду основного тона. Поэтому значение  $R_j(\lambda_i)$  в известной степени характеризует вероятность того, что истинное значение усредненной частоты основного тона совпадает с рассчитанным значением  $F_o^i$ .

Для каждого отрезка речевой волны машина печатает таблицу предполагаемых частот  $\{F_o^i\}$ , соответствующую ей таблицу вспомогательных величин  $\{R(\lambda_i)\}$  и величину  $R(0)$ , характеризующую квадрат интенсивности речевого сигнала. Перед выдачей данных с целью облегчения последующей ручной обработки машина располагает величины ожидаемых частот  $F_o^i$  в порядке убывания их вероятностей.

Обработывая последовательности таблиц  $\{F_o^i\}$  и  $\{R(\lambda_i)\}_j$ , оператор строит интонограмму речи в виде зависимости  $F_o = \varphi(t)$ . При построении интонограммы, ориентируясь на время развития интонационного процесса, оператор исключает выбранные машиной значения, соответствующие гармоникам и субгармоникам основной частоты, заменяя их значениями  $F_o^{i,j}$  с меньшим  $\lambda_{i,j}$ , но близким по величине к значениям надежно выделенных  $F_o^{i,j-1}$  и  $F_o^{i,j+1}$ . Наложённая на построенную зависимость кривая интенсивности позволяет разделить участки интонограммы, соответствующие гласным и согласным звукам.

<sup>4</sup> В. Н. С о б о л е в, Экспериментальное исследование корреляционного метода выделения основного тона речи, «Акустический журнал», XIV, 3, 1968.

<sup>5</sup> См.: Ю. А. Л е й б м а н, В. Н. С о б о л е в, Преобразователь аналого-цифра для ввода речевого сигнала в вычислительную машину, «Электросвязь», XVII, 8, 1963.

<sup>6</sup> Постоянная отсчета  $\Delta t = t/n$  выбрана равной 111 мсек.

4. Для исследования по описанной выше методике был составлен список из 13 слов, куда входили, кроме глухих смычных и фрикативных в интервокальном положении, также и звонкие согласные. Слова произносились один раз в наиболее удобном для диктора темпе и второй раз — в убыстренном темпе. Согласно инструкции, которая достаточно подробно разъяснялась, чтение слов не должно было происходить в перечислительной или какой-либо другой интонации. Для этого после каждого слова делалась пауза достаточной длины. Восемь лиц, приглашенных для записи, имели высшее образование и считали русский язык родным. Все чтецы прошли осмотр врача ларинголога для проверки нормального состояния гортани. Запись производилась в сурдокамере.

Общая картина результатов исследования глухих согласных в интервокальном положении показана в таблице, в которой отмечены в общем количестве произнесений случаи, когда основной тон предшествующего гласного проходит непрерывно через весь глухой согласный и вливается в тон последующего гласного.

Т а б л и ц а

Звук	Количество произнесений	Число появлений основного тона
<i>n</i>	16	4
<i>c</i>	16	1
<i>ш</i>	32	3
<i>х</i>	16	1
<i>ф</i>	16	1

Из рассмотрения таблицы видно, что основной тон регистрируется в разном числе случаев на пяти глухих согласных. В частности, в четырех случаях из 16 при произнесении

слова *nana* кривая мелодии оказалась непрерывной.

На рис. 1 и 2 представлены интоногаммы (*a*) и кривые (*b*), отражающие энергетическую динамику слова *nana*. Рис. 1 соответствует женскому голосу, рис. 2 — мужскому. Рис. 1 соответствует случаям регистрации непрерывной мелодии в слове *nana*, рис. 2 соответствует случаю, когда по описанной выше методике не регистрируется основной тон во время произнесения интервокального *n*.

Возникает вопрос, является ли наличие основного тона на *n* случайным явлением, например связанным с индивидуальными особенностями диктора, или оно закономерно, т. е. соответствует природе возникновения глухого согласного в русском языке.

При неоднократном прослушивании исходных записей не было замечено никаких отклонений от обычного произнесения одиночных слов, не было обнаружено и каких-либо специфических выразительных интонаций. В поисках ответа на поставленный вопрос целесообразно обратиться к осциллограммам исходных записей. Если присмотреться внимательно к осциллографическим записям смычки, то на некоторых из них можно обнаружить периодичность колебаний. Поэтому было решено произвести значительное усиление сигнала перед его записью на шлейфовом осциллографе. В результате было установлено, что колебания на смычке при произнесении интервокального *n* имеют место во всех исходных записях у любого диктора. На рис. 3—5 приводятся осциллограммы <sup>7</sup> произнесения слова *nana* теми же дикторами, интоногаммы которых были представлены на рис. 1 и 2. Верхние осциллограммы (на рис. 3—5) получены без предварительного усиления речевого сигнала, нижние — после примерно десятикратного усиления. На осциллограмме произнесения третьего диктора (рис. 5) также зарегистрированы отчетливые периодические колебания на участке, соответствующем интервокальному *n*. Было выяснено, что амплитуда колебаний на смычке соизмерима с шагом квантования речевого сиг-

<sup>7</sup> Отметки времени (см. верхнюю дорожку на осциллограммах) следуют с периодом 10 мсек.

нала по уровню (при вводе речи в ЦВМ), что являлось причиной искажения формы автокорреляционной функции и обуславливало ненадежное выделение основного тона для ряда дикторов. Усиление колебаний перед

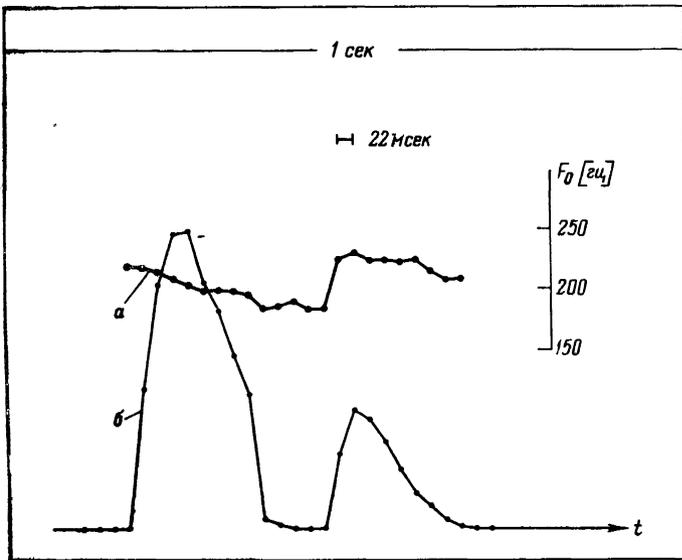


Рис. 1

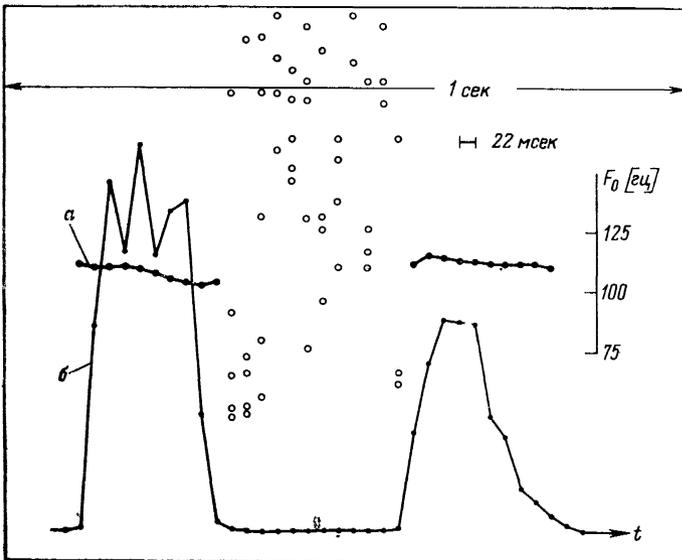


Рис. 2

вводом в машину привело к повышению надежности выделения основного тона на участке фонограммы, соответствующего смычке на  $n$ .

Из вышеизложенного следует, что регулярные периодические колебания имеют место во всех случаях на смычке глухого согласного в интервокальном положении. Это явление парадоксально, так как тем самым

ставится под сомнение противопоставление звонкости и глухости. Поскольку указанное противопоставление отчетливо воспринимается слухом, необходимо ответить на вопрос, на чем базируется различие в артикуляции и слуховом восприятии этих звуков.

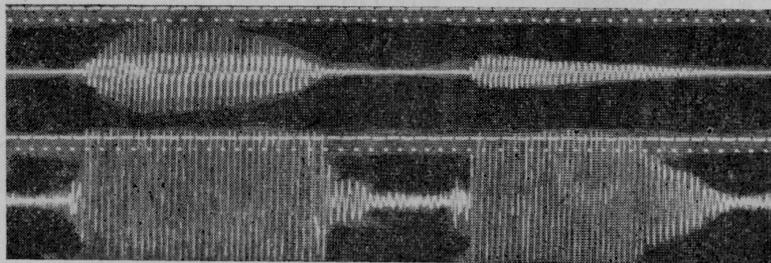


Рис. 3

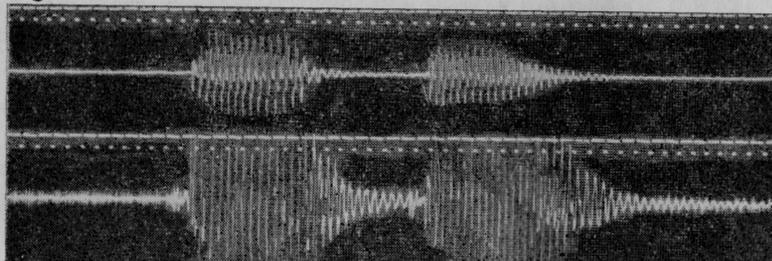


Рис. 4

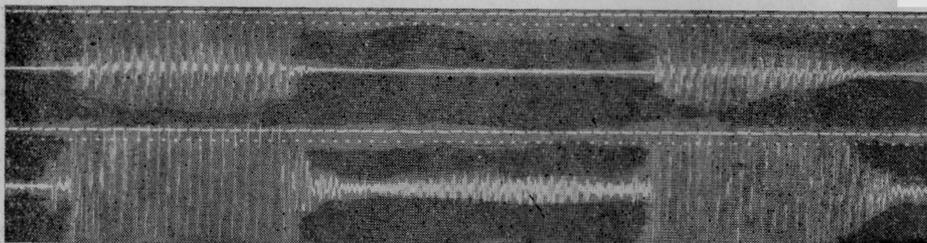


Рис. 5

Для более подробного изучения поставленного вопроса проводился ряд наблюдений.

**Наблюдение 1.** В фонограмме слова *nana* устранялся весь участок, соответствующий смычке, и заменялся ракордом соответствующей длины. Остальные участки — до и после смычки — оставались при этом неискаженными. При предъявлении такой препарированной фонограммы слышится слово *nana*.

Направляется вывод о том, что перерыв фонации интерпретируется слухом как глухость согласного.

**Наблюдение 2.** Изолированный гласный разрезался пополам и в разрыв вставлялся ракорд, длительность которого равнялась средней длительности смычки в слове *nana*. В этом случае аудиторы отчетливо слы-

шали чистый звук *a* с перерывом (*a — a*). К аналогичному результату приводило прерывание любого изолированного звука (*a, o, y, э, ы, и*).

Наблюдение 3. Фонограмма слова *баба* разрезалась в середине смычки и в разрыв вставлялся ракорд, длительность которого соответствовала при воспроизведении отрезку времени 70 мсек. Полученная фонограмма воспринималась как естественное слово *баба*.

Наблюдения 2 и 3 подтверждают утверждение о том, что беззвучие не порождает звука, и тем самым опровергают интерпретацию первого наблюдения.

В наблюдении 1 привставке ракорда на место смычки интервокального *n papa* слышится потому, что резонанс взрыва на *n* содержится при переходе от *n* к *a*, сохраненном без повреждений при вырезке. Из наблюдения 2 вытекает, что при отсутствии такого перехода вставка ракорда между отрезками *a* воспринимается как перерыв фонации. В наблюдении 3 перерыв, внесенный ракордом, не нарушает переходных процессов от *a* к *б*. Кроме того, он не искажает цельности образа слова, что характерно для восприятия знаковых образований, так как избыточность, свойственная стереотипу узнающей системы, позволяет не только восстановить отсутствующий компонент, но и «сбросить со счета» лишний, если он не входит в систему усвоенного стереотипа.

Наблюдение 4. В фонограмме слова *баба* участок, соответствующий смычке на *б*, заменялся ракордом соответствующей длины. Хотя участки до и после смычки оставались неискаженными, внесение ракорда все же нарушало цельность образа слова. При прослушивании такой конструкции в подавляющем большинстве случаев аудиторами регистрировалось звуко сочетание *бана*.

Полученный результат свидетельствует о том, что в восприятие глухости или звонкости взрыва входит оценка интенсивности колебаний на смычке. Необходимость этого условия очевидна, а достаточность требует доказательства. Следует также выяснить, в какой мере интенсивность определяет принадлежность согласного к классу глухих или звонких.

Наблюдение 5. Участок фонограммы, соответствующий смычке на *n* в слове *papa*, вырезался и склеивался в кольцо. При предъявлении полученных таким образом записей для разных дикторов слышался либо звук типа барабанной дроби, либо звук, состоящий из регулярных шумовых импульсов. В обоих случаях звуки были весьма слабыми. Интенсивность колебаний на смычке составляла примерно 0,02—0,03 от интенсивности стационарного участка колебаний гласного в слове *papa* и примерно 0,1—0,3 от интенсивности колебаний на смычке, соответствующей интервокальному *б* в слове *баба*.

Наблюдение 6. Участок фонограммы, соответствующий смычке на *n* в слове *papa*, вырезался; производилось усиление колебаний смычки; усиленная фонограмма вставлялась на прежнее место в фонограмму слова *papa*. Проведение указанных операций приводило к усилению колебаний в слове лишь на участке смычки интервокального *n*. Коэффициент усиления выбирался таким, чтобы интенсивность колебаний на участке смычки интервокального глухого (*n* в слове *papa*) была равна интенсивности колебаний на участке смычки интервокального звонкого (*б* в слове *баба*). При прослушивании фонограммы слова *papa* с усиленной смычкой все аудиторы опознавали слово *papa*, однако отмечали некоторую неестественность произнесения.

Таким образом, влияние интенсивности колебаний во время смычки на решение вопроса о глухости или звонкости звука ограничено. Решающее значение имеет качество звука.

Теперь можно ответить на основной из поставленных вопросов. Глу-

хой смычный согласный, во всяком случае интервокальный, образуется в гортани. При этом возможны два вида звука — шумный и тоновый, что связано, вероятно, с особенностями голоса говорящего.

Если учесть данные о том, что при произнесении глухих согласных голосовые складки приоткрыты, можно считать, что различие в образовании шума и тона зависит от величины раскрытия голосовой щели. При произнесении глухого согласного с тоном голосовые складки наиболее сближены. На их краях и образуется звук *п*. Этот звук на смычке очень слаб и в естественных условиях не прослушивается, так как рот закрыт. Но именно это и создает специфический тембр глухости. Таким образом, специфические колебания голосовых связок во время смычки следует рассматривать как необходимое условие образования глухого взрыва в момент открытия рта после смычки.

При другом способе произнесения глухого согласного голосовые связки более раздвинуты. При их краевых колебаниях образуется шумовой звук.

При произнесении звонкого согласного, например *б*, голосовые складки сближены вплотную; вырабатывается последовательность регулярных импульсов другой формы и значительно большей интенсивности, чем на *п*. В результате смычки повышается обратный импеданс<sup>8</sup> и частота колебаний голосовых связок падает.

5. Область гортани и ее деятельность в процессе речи изучены очень мало. Спор между миоэластической и нейрхроноксической теориями остается нерешенным. Роль гортани в образовании языковых единиц также не очень ясна. Еще не определено в общей форме, происходят ли и если происходят, то в каких случаях, перерывы основного тона в речевой просодии. Поведение гортани при произнесении глухих согласных также нуждается в рассмотрении с общих позиций. Ниже по этому поводу будут сделаны лишь очень краткие замечания.

Язык можно представить как код и соответственно как систему знаков определенной сенсорной природы и как свод правил выработки и соединения этих знаков. Тогда речь можно представить как реализацию этих знаков в безграничных по числу условиях человеческого общения. Речь — это знаковая система; в ней вырабатываются сообщения. Язык не может быть назван знаковой системой, так как в нем не содержится сообщений, но он обеспечивает возможность появления знаковой системы.

Существенным признаком знаковых единиц является их дискретность. Реализация же знаков происходит в непрерывном потоке речи. Перерыв звучания — это или знак границы знаковой последовательности, или признак состояния говорящего.

Для управления речевым процессом необходимо решить довольно сложную задачу — добиться членораздельности непрерывного речевого потока. Сложность состоит в том, что дискретные единицы языка образуют не менее, чем пятиуровневую иерархическую структуру. Некоторая совокупность единиц нижнего уровня образует единицу второго уровня и так далее до пятого уровня, которым можно считать уровень предложений. В слоговой динамике речи должны реализоваться два встречных процесса — с одной стороны, аналитический, обеспечивающий дискретность, с другой стороны, синтетический, обеспечивающий целостность единиц данного уровня.

Сделанных замечаний достаточно, чтобы отметить синтетическую роль деятельности гортани при формировании единиц на уровне фонем и на более высоких уровнях — слов и просодии.

<sup>8</sup> См.: Л. А. Ч и с т о в и ч, Изменение основной частоты голоса как различительный признак согласных, «Акустический журнал», XIV, 3, 1968, стр. 449—456.

Если человек открывает или смыкает губы, то никакого звука не возникает. Можно получить звук причмокиванием, но это звук не речевой категории. Продолжает существовать мнение, что *n* образуется в результате прорыва смычки сильным давлением воздуха. Это можно проверить, надув щеки и ударом прорвав смычку. Но и в этом случае появится неречевой звук. Более приемлемое представление состоит в том, что затвор губ не прорывается, а по первому импульсу на мышцы губы быстро приоткрываются, пропуская тонкую струю быстро выходящего воздуха, накопившегося во рту за время смычки. В этом случае действительно может образоваться *n*, но такое слабое, что оно будет замаскировано соседними звуками. Усилить его и таким образом устранить этот дефект невозможно, так как уровень громкости произвольно задается по меньшей мере слову, а не отдельным звукам этого слова, громкость которых регулируется непроизвольно. Распределение уровней громкости для разных звуков речи можно рассматривать как один из критериев анализа и синтеза речевых единиц. Звук *n* должен быть усилен в определенной масштабности с другими звуками слова. Иначе этот звук будет казаться неестественно сильным, и такое усиление не будет декодироваться как знак.

Сохранение масштабности на уровне громкости является одним из средств синтетического формирования цельности звуковой структуры слова как единицы речи. Одновременно ограничиваются звуковые элементы слова как единицы, входящие в него и подчиняющиеся по вариации громкости другим правилам регулирования громкости. При образовании *n* согласно гипотезе, предлагаемой в этой статье, происходит синтез звука на фонемном уровне при участии гортани. Если бы этот звук формировался только на губах, он не был бы слышен в слове. Если бы голосовые связки при его образовании были сомкнуты, появился бы звук *b*. Добавление основного тона голосовых связок описанным выше механизмом решает эту апорию. Включение гортани участвует в самой природе образования специфического для русской речи глухого звука. Это обеспечивает сохранение противопоставления звонкости и глухости.

Можно отметить еще один существенный способ участия основного тона гортани в образовании целостности звуковой структуры на уровне слова. Известно, что при акустических записях отдельных слов, намеренно произносимых без интонации, возникает часто непрерывно, а иногда с перерывами основной тон, характерный для всего слова<sup>9</sup>. Это такой же признак слова, как и отмеченная выше кривая масштабности уровня громкости, так как состав слова (словоформы в предложении) постоянен.

Учет движения основного тона как признака слова чрезвычайно важен. Целостность слова позволяет различать, с одной стороны, единицы нижележащего, фонемного уровня, и, с другой стороны, единицы вышележащего уровня просодии. На каждом из этих уровней функция основного тона различна. Фигура основного тона, проходящего на уровне слов, является нулевой линией для отсчета мелодии речи. Если к этому добавить кривую произвольной громкости единиц ниже уровня слов и кривую средней длительности звуков в составе слова, то станет возможным учет речевой интонации в целом. Надо думать, что эти три аналитико-синтетические нулевые линии речи вырабатываются в опыте коммуникации при усвоении языка и составляет решетку, по которой идет декодирование (восприятие) речи. Иначе нельзя было бы разобраться в том обилии звуковых комбинаций, которые на краткое время появляются и уходят, теряясь в потоке речи.

<sup>9</sup> См.: В. Н. С о б о л е в, указ. соч., стр. 445.

Возможно, что присутствие основного тона в составе глухих согласных следует рассматривать как явление универсальное, свойственное разным языкам. Наличие тона можно понять как антропофоническое свойство артикуляционного аппарата. Программа речи задается не отдельному звуку в слоге, не слогу и не слову, а цепочке слогов некоторой длины как системной совокупности знаков, декодируемых по смыслу. В этих условиях артикуляционный аппарат до начала фонации должен получить из центра установочный импульс, обеспечивающий готовность всей произносительной системы производить операции в нормированно членимое время и выдавать звуки нормализованного качества при затрате определенных порций энергии.

Переход от гласных к согласным (и наоборот) для гортани значительно сложнее, чем для губ, нижней челюсти и языка — вследствие сложности аппарата гортани и предназначенности ее не только для генерации звуков, но и для дыхания. По существующему сейчас представлению фонация гортани на протяжении непрерывного отрезка речи может то включаться, то выключаться. При этом не учитывается, что при каждом выключении будет теряться настройка и готовность всего голосового аппарата к тонким модуляциям. В действительности голосовые складки, не теряя способности к фонации, могут работать то в начально сомкнутом состоянии, то в режиме приоткрытой в разной степени голосовой щели, как это потребует программа при производстве речи в звуковом коде.

Учитывая эти тонкие переключения гортани, можно объяснить такое странное, на первый взгляд, явление, как акустический переходный процесс от *n* к *a* и от *a* к *n*. Легко представить, как формируется переходный процесс, например, от *a* к *y*. К концу звучания *a* губы будут постепенно сужаться, приближаясь к произнесению *y*. Но непонятно, при каких артикуляционных движениях произойдет переход от *n* к *a* и от *a* к *n* в слове *папа*. При произнесении *n* губы сомкнуты и смыкаются мгновенно на *a*. Здесь, вместо взаимопроникающего перехода, должен был бы появиться перерыв фонации. Так и происходит, о чем свидетельствует наблюдение 2. Если в *a* не содержится переходного процесса от *n*, то смычка (ракорд) воспринимается как фонологически незначимый перерыв *a*. Но стоит только при том же ракорде оставить по бокам переходные процессы, перерыв пропадает и отчетливо слышится слово *папа*. Это явление отмечено в наблюдении 1. Таким образом, в состав звука *a*, при котором рот открыт, входит звук *n*, при котором рот явно закрыт. Остается думать, что в этом случае в формировании переходного процесса принимает участие гортань.

Вообще говоря, было бы достаточно двух указанных наблюдений для того, чтобы доказать основную мысль этой статьи. Но, конечно, наличие прямых данных о присутствии основного тона в глухих согласных усиливает этот тезис. И хотя можно все же подумать, что наличие такого тона не информативно, так как он слаб по интенсивности и не воспринимается как заметная высота, но именно в этом и состоит его информативность. Отсутствие качества заметной высоты позволяет противопоставить *n* звонкому *b*. Слабая же интенсивность в соединении с малозаметной высотой создает специфический тембр глухости, что уже информативно.

Главный же вывод состоит в том, что гортань надо рассматривать как сложный и тонко чувствительный синтезатор звука. Она работает как при звонкости, так и при глухости, она участвует в переходных процессах для выработки непрерывности в слогораздельности звуковых единиц с тем, чтобы приобрели значение смысловые перерывы речи.