

УДК 414.1+414.61

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗВУКОВ В РЕЧЕВОМ ПОТОКЕ
И ИХ ФОНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Н.В.Лукирь

Вопрос о механизмах выделения человеком звуков речи с заданными физическими характеристиками из ансамбля предъявляемых речевых сигналов является составной частью проблемы восприятия речи. Сведения об акустических характеристиках звуков речи позволяют предположить, что для человека, оперирующего речевыми сигналами, одни звуки окажутся предпочтительнее других как с точки зрения самих физических параметров, так и в связи с их большей стабильностью в разных фонетических условиях. Задачей данной работы было определение вероятности выделения (обнаружения) человеком заданного звука речи в зависимости от его фонетических характеристик: спектрально-временных корреляторов дифференциальных признаков и их изменения под влиянием окружающих звуков и ритмической структуры высказывания.

В работе исследовалась вероятность выделения гласных $[\alpha, i, u]$ и согласных $[\rho, \rho', \beta, \beta', s, s', z, z', l, l']$. Данная группа звуков является вполне представительной с фонетической точки зрения: в ней представлены звуки, различающиеся по источнику и по резонансным и динамическим характеристикам, а их комбинации реализуют типы переходных участков, характерных для русского языка.

Были составлены 2 серии бессмысленных звукосочетаний, состоящих из слогов типа СГС (С - согласный, Г - гласный) и двусложных сочетаний СГСГС, часть которых имела ударение на пер-

* Здесь и ниже звуки даны в транскрипции.

вом слоге, часть - на втором. Серия 1 состояла из 1700 стимулов, серия 2 - из 1000. В каждой из них было по 500 стимулов с исследуемыми звуками, остальные звукосочетания служили фоном.

Серии были записаны на магнитофон в произнесении 6 дикторов (интервал между стимулами составлял примерно 0,5 сек) и прослушивались двумя аудиторами. Перед аудиторами ставилась задача фиксировать появление одного из исследуемых звуков.

Опыты проводились в нормальных и затрудненных для восприятия условиях. В качестве помехи использовался белый шум, соотношения сигнал/шум были +6 и +10 дБ.

При анализе результатов опытов выявились следующие закономерности:

1. Вероятность выделения гласного $[\alpha]$, характеризующегося большей интенсивностью первых двух формант и большей компактностью, то есть близостью первых двух формант к области 1000Гц, выше, чем вероятность обнаружения гласных $[i]$ и $[u]$ (см. рис.1)*.

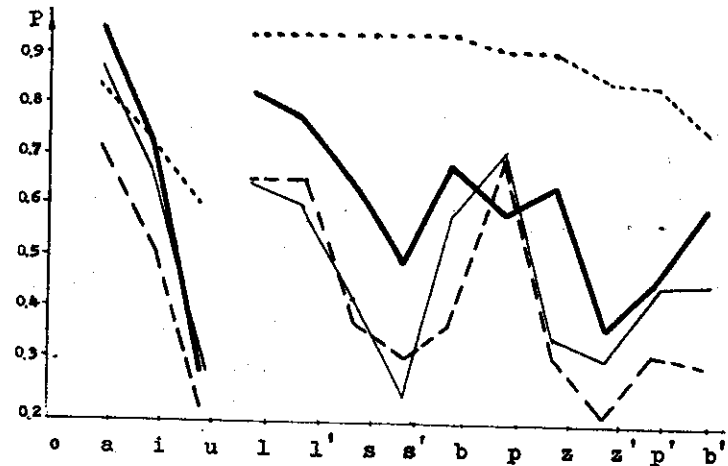


Рис.1. Вероятность обнаружения заданных звуков в различных условиях: 1)---- норма; 2)--- шум + 6 дБ; 3)--- шум + 10 дБ (1); 4)--- шум + 10 дБ (2)

* Здесь и ниже приводятся рисунки для одного аудитора, так как данные другого аудитора хорошо с ними согласуются.

** Цифры (1) и (2) на рисунках и в таблицах обозначают номер серии, из которой данный звук выделяется.

2. В группе согласных наблюдается резкое ухудшение обнаружения в шуме переднеязычных согласных [з, з', ж, ж'], основная энергия которых сосредоточена в высокочастотной области. В данной группе согласных вероятность обнаружения твердых согласных [з] и [ж] выше, чем соответствующих мягких [з'] и [ж'], спектр которых отличается от спектра твердых согласных преобладанием более высоких частот (см. рис. I).

О существенной роли высокочастотных составляющих согласного и перехода от согласного к гласному свидетельствует и более низкая вероятность выделения мягких согласных, отличие которых от соответствующих твердых выражено прежде всего в переходе к последующему гласному (см. табл. I).

Таблица I
Вероятность обнаружения твердых и мягких согласных в шуме*

	+10 дБ (I)		+6 дБ (I)		+10 дБ (2)	
	Ауд.Б	Ауд.З	Ауд.Б	Ауд.З	Ауд.Б	Ауд.З
[р]	0,58	0,87	0,69	0,85	0,70	0,87
[р']	0,44	0,70	0,30	0,69	0,48	0,72
[б]	0,67	0,85	0,37	0,81	0,58	0,72
[б']	0,59	0,91	0,28	0,84	0,44	0,59
[л]	0,72	0,79	0,60	0,83	0,64	0,70
[л']	0,68	0,80	0,60	0,42	0,60	0,53

О выделении одного и того же звука в зависимости от фонетического окружения получены следующие данные:

Известно, что характеристики согласных в русском языке больше всего изменяются под влиянием гласных [и] и [о]. Согласные в сочетаниях с гласными [и] и [о] обнаруживают понижение областей концентрации энергии, характерных для них в сочетаниях

* Обведены случаи, не соответствующие общей тенденции.

Таблица 2

Вероятность выделения согласных в слогах с [и] и с другими гласными

Режим	Ауд.Б		Ауд.З	
	Слоги с [и]	Слоги с др.гласн.	Слоги с [и]	Слоги с др.гласн.
Норма (I)	0,94	0,95	0,91	0,92
Норма (2)	0,97	0,97	0,94	0,98
Шум +10дБ(I)	0,57	0,65	0,62	0,75
Шум +6дБ(I)	0,36	0,42	0,60	0,70
Шум +10дБ(2)	0,34	0,48	0,58	0,66

Таблица 3

Слоги с максимальной и минимальной вероятностью выделения гласного

Режим	Ауд.	P_{max}	P_{min}
Норма (I)	Б	[р.и]	[з'.и]
	З	[ж.и]	[з'.и]
Норма (2)	Б	[р'.и]; [ж.и]	[л'.и]
	З	[з'.и]	[б'.и]
Шум + 10 дБ (I)	Б	[л.и]; [б'.и]	[з'.и]
	З	[л.и]	[р'.и]
Шум + 10 дБ (2)	Б	[р.и]	[р'.и]
	З	[л.и]	[з'.и]
Шум + 6 дБ (I)	Б	[л.и]	[з'.и]
	З	[р.и]	[з'.и]

с другими гласными, например с гласным [а]. Следует сказать, что в сочетаниях с гласным [а], по мнению лингвистов, представлены основные варианты согласных фонем.

Из таблицы 2 видно, что изменение частотного положения составляющих по сравнению с основными вариантами фонем приводит к ухудшению выделяемости согласных.

Характеристики гласных в русском языке изменяются под влиянием соседних согласных. Соседство с разными согласными приводит к изменению частотного положения второй форманты гласного во времени, причем изменение характеристик гласного происходит в

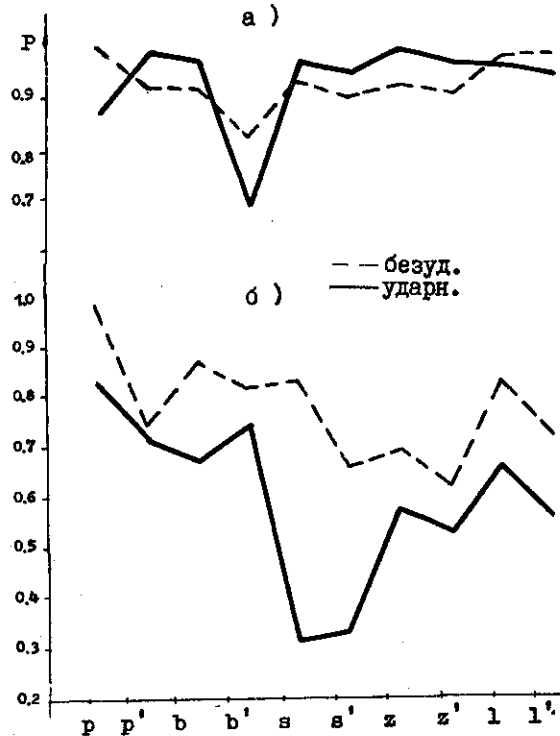


Рис. 2. Вероятность обнаружения согласных в безударных слогах: а) в норме; б) в шуме

большой степени под влиянием предшествующего согласного.

Анализ изменения вероятности выделения гласных в зависимости от предшествующего согласного показал, что вероятность выделения гласных связана с величиной перепада второй форманты гласного (то есть разности $F_{2\text{ наг.}} - F_{2\text{ стац.}}$) в данном слоге. На данном материале это удобнее всего проследить на слогах с гласным [и], в которых перепад $F_{2\text{ наг.}} - F_{2\text{ стац.}}$ колеблется в зависимости от пред-

шествующего согласного от 0 до 1200 гц.

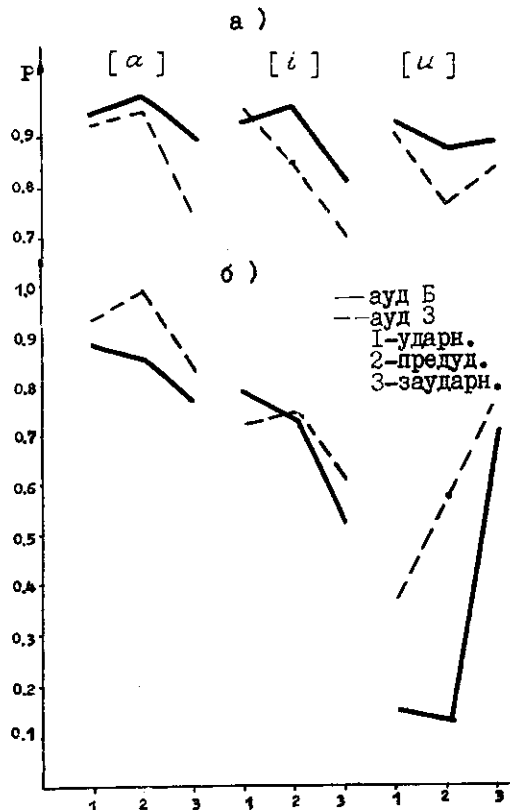
Из таблицы 3 видно, что максимальная вероятность обнаружения [и] наблюдается в слогах с нулевым перепадом F_2 : слоги [пи, би, ви]; а минимальная - в слогах с мягкими согласными, перепад F_2 в которых достигает 1000 гц.

Зависимость вероятности обнаружения от ритмической структуры высказывания по-разному проявляется в группе гласных и согласных звуков. Выделяемость согласных в норме мало зависит от ударности-безударности слога.

Рис. 3. Вероятность обнаружения гласных в ударных и безударных слогах: а) в норме; б) в шуме

В шуме согласные лучше выделяются в безударных слогах, что может быть связано с тем, что в безударном слоге характеристики согласного реализуются и на следующем за ним гласном (см. рис. 2).

Вероятность выделения гласных в ударных слогах и в норме, и в шуме в среднем выше, чем в безударных (см. рис. 3), что связано с изменением спектрально-временных характеристик гласных в безударной позиции: уменьшением длительности и изменением



частотного положения формант в сторону приближения к области "нейтрального" гласного.

Все сказанное выше свидетельствует о неравнозначности звуков речи с точки зрения их выделения человеком из речевого потока в нормальных условиях и на фоне шума. Гласный [а] выделяется в нормальных и затрудненных условиях лучше, чем другие гласные. Вероятность обнаружения твердых согласных выше, чем соответствующих мягких. В слогах с гласным [и] согласные выделяются хуже, чем в слогах с другими гласными. Гласные в слогах, в которых имеется большой перепад $F_{2наг.} - F_{2ста.}$, выделяются хуже, чем в сочетаниях с согласными, мало изменяющими начальную частоту F_2 гласного. Вероятность обнаружения согласных выше в безударных слогах, гласных - в ударных. Влияние перечисленных выше фонетических факторов на обнаружение человеком звуков речи в речевом потоке должно учитываться как при описании механизмов восприятия речи, так и при решении ряда практических задач, связанных с работой операторов с речевыми сигналами.

Поступила в ред.-изд.отд.
10 июля 1973 года