

Второй выпуск сборника «Слух и речь в норме и патологии» продолжает публикацию материалов исследований, проводимых на кафедре фонетики Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова и в проблемной научно-практической лаборатории НИИ дефектологии АН СССР по слухоречевой реабилитации глухих и слабослышащих на базе Ленинградского восстановительного центра ВОГ.

Сборник предназначен для лингвистов, дефектологов, аудиологов, научных сотрудников, аспирантов, студентов, занимающихся изучением слуховой и речевой функции.

Статьи подготовлены под редакцией проф. Л. Р. ЗИНДЕРА, д-ра фил. наук Л. В. БОНДАРКО, проф. А. П. ВЕЛИЦКОГО.

Л. В. Бондарко, Л. Р. Зиндер, А. С. Шгерн

НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУССКОЙ РЕЧИ

Изучение статистических характеристик различных элементов языка имеет теоретическое и практическое значение. С теоретической точки зрения различная встречаемость тех или иных единиц языка (фонем, морфем, слов и т. д.) в речи важна при описании устройства системы этих единиц. С практической точки зрения сведения о том, насколько часто может встречаться данная единица в речи, имеет первостепенное значение при обучении языку — будь то родной или неродной язык учащегося. Особое значение знание статистических характеристик речи приобретает при обучении лиц, страдающих нарушениями речи или слуха или того и другого вместе.

В настоящей статье приводятся сведения о статистических характеристиках различных звуковых единиц в русской речи. Предполагается, что такие сведения могут быть использованы при создании пособий для обучения речи слабослышащих учащихся и при совершенствовании аппаратуры, служащей для реабилитации слуха или же для повседневного пользования слабослышащими.

Относительно статистических характеристик звуковых элементов русской речи имеется довольно большое количество сведений, базирующихся на очень различном по объему фактическом материале — от объема в 10 000 фонем у А. М. Пешковского (1925) до 1,5 млн. фонем у Л. С. Юдиной (1975). Данные, полученные в Лаборатории экспериментальной фонетики им. Л. В. Щербы Ленинградского университета и приводимые как основные в настоящей статье, во многом сходятся с имеющимися сведениями, но представляют специальный интерес потому, что учитывают очень разнообразные и существенные свойства звуковых единиц.

Кроме всестороннего описания в данной работе есть и принципиально новые моменты: попытка совмещения статистик, полученных по идеальной фонемной транскрипции и по реальному звучанию, а также аппроксимация статистик акустических признаков на основе фонемных статистик.

Характеристики выборки, на которой производились подсчеты, будут даваться каждый раз специально.

Фонетическим материалом для подсчетов служили, во-первых, транскрибированные тексты (научная, художественная, публицистическая проза), во-вторых, звучащая речь, записанная на магнитную ленту.

1. Статистика фонем

Система фонем русского языка насчитывает 42 единицы — 6 гласных /а, о, и, е, і, ы¹/ и 36 согласных (долгий мягкий согласный /s̄:/ здесь принимается за одну единицу, хотя, строго говоря, он представляет собой сочетание двух фонем (Л. Р. Зиндер, 1963)).

Лингвистические вероятности фонем (их частоты) определялись двумя способами: на текстах объемом 100 000 фонем и на звучащей речи.

Десять опытных фонетистов транскрибировали тексты (каждый — тексты разных жанров объемом около 10 000 фонем) в соответствии с собственным произношением (само собой разумеется, что все фонетисты обладали литературным произношением). Определение фонемного состава слов базировалось на том, что этот состав при изменении формы слов может варьировать (например, в словоформе *гора* первый гласный — фонема /а/, тогда как в словоформе *гóры* — фонема /о/). Заметим, что возможно и иное понимание существа дела. Так, существует точка зрения, согласно которой в обеих упомянутых словоформах представлена одна и та же фонема /о/: в первом случае — в виде гласного [А], а во втором — в виде гласного [о]. Здесь мы не будем вдаваться в полемику с таким мнением и адресуем читателей к специальной литературе (Л. Р. Зиндер, 1967 или Р. И. Аванесов, 1956).

На табл. 1 фонемы расположены в порядке убывающих частотей. Для сравнения приведены распределения фонем, полученные в ИМ СО АН СССР (1964) и А. М. Пешковским.

Сравнение первых двух статистик по критерию λ Смирнова-Колмогорова (Н. А. Плохинский, 1967) показало, что они в высшей степени достоверно различаются. Сопоставить с этими данными сведения, полученные А. М. Пешковским, трудно, так как он получил их на малом материале (10 000 звуков), да к тому же транскрипция его базируется на других представлениях о системе русских фонем: так, А. М. Пешковский насчитывает только 5 гласных (за счет неразличения гласных /і/ и /ы/) и не считает самостоятельной фонемой мягкий заднеязычный глухой щелевой /x'/.

Если же говорить не о самих частотах, а об их рангах, то можно отметить как одинаковые ранги для ряда фонем в начале или в конце списка /а, і, s; с, k', g', f', x'/, так и редко различающиеся (у фонемы /m'/ ранги по статистикам ЛЭФ и ИМ различаются на 7, у фонем /л/ и /s/ — на 6, у фонем /ы/ и /l'/ — на 5).

Следует обратить внимание на то, что при всем различии сопоставленных в табл. 1 статистик, которое всегда будет иметь место, если подсчет проводится на разных текстах и разном объеме выборки, они обнаруживают и ряд общих черт. Так, по всем под-

¹ Здесь и ниже в качестве знаков транскрипции используются буквы латинского алфавита с некоторыми дополнительными значками («щербовская транскрипция»).

Частотность фонем по текстам

Таблица 1

	Данные ЛЭФ	Данные ИМ	Данные А. М. Пешков- ского	r по ЛЭФ	r по ИМ	$-\log_2 P_i$	$-P_i \cdot \log_2 P_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
a	0.1764	0.1691	0.1855	1	1	2.51	0.4411
i	0.1208	0.1386	0.1220	2	2	3.05	0.3687
t	0.0437	0.0430	0.0602	3	4	4.50	0.1983
o	0.0410	0.0369	0.0379	4	6	4.62	0.1889
n	0.0402	0.0443	0.0392	5	3	4.64	0.1858
j	0.0366	0.0381	0.0457	6	5	4.75	0.1760
s	0.0347	0.0327	0.0359	7	7	4.84	0.1693
u	0.0333	0.0313	0.0393	8	9	4.92	0.1624
r	0.0318	0.0321	0.0230	9	8	4.97	0.1589
k	0.0296	0.0303	0.0284	10	11	5.06	0.1518
v	0.0293	0.0305	0.0273	11	10	5.11	0.1481
l	0.0274	0.0198	0.0212	12	18	5.21	0.1407
e	0.0255	0.0275	0.0343	13	12	5.26	0.1369
n'	0.0239	0.0224	0.0221	14	16	5.39	0.1291
o	0.0230	0.0178	—	15	20	5.45	0.1252
p	0.0226	0.0249	0.0232	16	14	5.45	0.1252
m	0.0225	0.0226	0.0202	17	15	5.45	0.1252
l'	0.0206	0.0253	0.0162	18	13	5.57	0.1170
d	0.0188	0.0168	0.0177	19	21	5.71	0.1086
l'	0.0170	0.0200	0.0196	20	17	5.87	0.0999
r'	0.0155	0.0143	0.0133	21	22	5.97	0.0955
z	0.0145	0.0130	0.0140	22	23	6.06	0.0909
s'	0.0144	0.0179	0.0085	23	19	6.15	0.0862
c	0.0135	0.0105	—	24	25	6.15	0.0830
b	0.0133	0.0112	0.0119	25	24	6.27	0.0830
s	0.0127	0.0087	0.0207	26	32	6.27	0.0800
g	0.0114	0.0098	0.0091	27	28	6.51	0.0730
f	0.0099	0.0096	0.0085	28	29	6.64	0.0664
z	0.0099	0.0086	0.0084	29	33	6.64	0.0664
d'	0.0098	0.0099	0.0126	30	27	6.64	0.0651
v'	0.0096	0.0094	0.0089	31	30	6.64	0.0638
x	0.0094	0.0092	0.0102	32	31	6.79	0.0630
m'	0.0076	0.0105	0.0056	33	26	6.95	0.0528
c	0.0066	0.0068	0.0197	34	34	7.15	0.0472
s'	0.0055	0.0046	0.0059	35	37	7.39	0.0430
k'	0.0052	0.0052	0.0036	36	36	7.68	0.0390
p'	0.0038	0.0059	0.0050	37	35	7.95	0.0302
b'	0.0035	0.0031	0.0052	38	39	7.95	0.0290
z'	0.0025	0.0032	0.0021	39	38	8.40	0.0210
g'	0.0016	0.0015	0.0007	40	40	8.95	0.0143
f'	0.0008	0.0010	0.0008	41	41	10.00	0.0080
x'	0.0003	0.0010	—	42	42	10.00	0.0030

счетом самой большой частотью характеризуются гласные /a/ и /i/, а из согласных — /t/ и /n/, а реже всего встречаются /g'/, /f'/ и /x'/.

Кроме частотей фонем интересно рассмотреть и такую их характеристику, как количество информации на фонему, определяемое через индивидуальную энтропию на фонему. В табл. 1 при-

Таблица 3

Частотность фонем в диалоге

	д. С.	д. Ш.	средн.	по ЛЭФ			д. С.	д. Ш.	средн.	по ЛЭФ	
				г	по средн.					г	по средн.
a	0.191	0.180	0.186	1	1	s'	0.016	0.016	0.016	23	20
i	0.092	0.093	0.093	2	2	c	0.012	0.014	0.013	24	25
t	0.068	0.061	0.065	3	3	b	0.010	0.009	0.009	25	28
o	0.049	0.050	0.049	4	5	s	0.016	0.022	0.019	26	19
n	0.046	0.060	0.052	5	4	g	0.007	0.006	0.007	27	31
j	0.027	0.032	0.029	6	10	f	0.009	0.011	0.010	28	27
s	0.027	0.025	0.026	7	12	z	0.008	0.009	0.009	29	29
u	0.042	0.042	0.042	8	7	d'	0.014	0.009	0.012	30	26
r	0.020	0.026	0.023	9	15	v	0.006	0.005	0.006	31	32
k	0.036	0.028	0.032	10	8	e	0.008	0.008	0.008	32	30
v	0.029	0.023	0.027	11	11	x	0.008	0.008	0.008	32	30
l	0.022	0.016	0.020	12	17	m	0.004	0.006	0.005	33	33
e	0.040	0.048	0.043	13	6	c	0.004	0.004	0.004	34	35
n'	0.027	0.034	0.030	14	9	s'	0.005	0.005	0.005	35	34
m	0.025	0.025	0.025	15	14	k'	0.003	0.004	0.004	36	36
p	0.024	0.017	0.021	16	16	p'	0.004	0.004	0.004	37	37
m'	0.027	0.026	0.026	17	13	b'	0.003	0.002	0.003	38	38
l'	0.015	0.015	0.015	18	21	z'	0.001	0.001	0.001	39	39
d	0.020	0.018	0.019	19	18	g'	0.001	0.001	0.001	40	40
t'	0.014	0.014	0.014	20	22	f'	0.001	0.001	0.001	41	41
r'	0.015	0.013	0.014	21	23	g	0.000	0.000	0.000	42	42
z	0.012	0.015	0.013	22	24	x'					

чаемости в речи. В табл. 4 дано частотное распределение гласных аллофонов, полученное на том же материале, что и данные о встречаемости фонем (табл. 1). Из этих данных видно, что для гласных /a/, /o/, /u/ наиболее частыми являются аллофоны, окруженные твердыми согласными (для /ы/ предшествующий мягкий невозможен, а для /i/ невозможен предшествующий твердый), тогда как для гласного /e/ наиболее частыми являются аллофоны в соседстве с мягкими согласными. Следует обратить внимание и на то, что безударные аллофоны встречаются почти в два раза чаще, чем ударные, при этом частота безударных [a] и [i] по сравнению с соответствующими ударными еще больше.

Для сравнения наших данных с другими, имеющимися в литературе, приводится табл. 5, где гласные разбиты на 2 группы аллофонов — ударные и безударные. Данные, полученные в Институте математики СО АН СССР, близки к нашим (за исключением характеристик безударных [o] и [e], возможность которых не предусмотрена алгоритмом автоматической транскрипции, использованным в ИМ). Об особенностях данных, полученных А. М. Пешковским, уже было сказано выше.

Таблица 4

Частотность аллофонов гласных фонем

Фонема	Аллофон	Ключевое слово	Частота (%)	Фонема	Аллофон	Ключевое слово	Частота (%)	
<i>Ударные гласные</i>								
а	а	мак [mak]	3.48	и	и	миг [m'ik]	1.24	
	э	час [čas]	0.77		э	бить [b'it']	0.56	
	е	чай [cæi]	0.30					
о	о	ток [tok]	3.19	у	у	люди [l'yd'i]	0.06	
	о̄	мёд [m'ot]	0.53		ӯ	люди [l'yd'i]	0.06	
	о̄	тётя [t'et'z]	0.01					
е	э	лес [l'ɛs]	1.26	ы	ы	бык [bɨk]	0.88	
	е	медь [m'et']	0.89					
	э	этот [ɛtɔt]	0.37					
Всего							14.69	

Безударные гласные

а	а	вода [vada]	8.30	ы	ы	дыра [dɨra]	1.12
	а̄	година [gb'ɫva]	1.79		ы̄	дыра [dɨra]	1.12
и	и	венок [v'ɨnok]	9.32	о	о	позт [pɔt]	0.37
	ӣ	икра [ikra]	0.96		о̄	позт [pɔt]	0.37
у	у	рука [ruka]	2.12	е	э	экран [ɛkran]	0.63
	ӯ	рука [ruka]	2.12		э̄	экран [ɛkran]	0.63
Всего							27.31

Таблица 5

Частотность ударных и безударных гласных

Фонемы	Данные ЛЭФ	Данные ИМ	Данные А. М. Пешковского	Фонемы	Данные ЛЭФ	Данные ИМ	Данные А. М. Пешковского
<i>Ударные</i>				<i>Безударные</i>			
а	0.0455	0.0356	0.0539	а	0.1309	0.1335	0.1316
о	0.0373	0.0369	0.0379	о	0.0037	—	—
е	0.0252	0.0275	0.0343	о̄	0.0003	—	—
и	0.0180	0.0189	0.0243	и	0.1028	0.1197	0.0977
у	0.0121	0.0083	0.0153	ӣ	0.0212	0.0230	0.0240
ы	.0088	0.0059	—	ы	0.0142	0.0119	—
Всего	0.1469	0.1331	0.1657	Всего	0.2731	0.2881	0.2533

ведены расчеты индивидуальной ($-\log_2 P_i$) и взвешенной индивидуальной ($-P_i \cdot \log_2 P_i$) энтропий на фонему, полученные на основании статистики ЛЭФ.

Из этих данных видно, что чем частотнее фонема, тем меньше информации (в битах) несет она при своем появлении ($-\log_2 P_i$). Величину же ($-P_i \cdot \log_2 P_i$) можно использовать для расчетов информации, которую несет нам некоторая последовательность фонем или некоторая ситуация неопределенности.

Как уже говорилось, вероятности фонем, представленные в табл. 1, были получены по текстам, затранскрибированным десятью опытными фонетистами. Однако для характеристики звуковой системы русского языка важно определить, каково распределение частот фонем в реально звучащей речи. В связи с этим был поставлен специальный эксперимент, целью которого являлась проверка того, насколько идеальная транскрипция определенного текста (то есть транскрипция, осуществленная в соответствии с правилами, действующими в русском языке) совпадает с конкретным «исполнением» того же текста. Текст объемом в 7882 звука был прочитан одним диктором с соблюдением орфоэпических правил в среднем темпе произнесения (средняя длительность звука — 88 м/сек).

При этом оказалось, что в реальном звучании в связи с сильной редукацией звуков, находящихся в безударном положении, а также в силу неизбежных отклонений от идеального представления текста, наблюдаются различия во встречаемости ряда фонем. В табл. 2 приведены эти данные. Различия для каждой из фонем и для всех фонем статистически не значимы на 5% уровне. Для более наглядного представления о том, за счет чего возникают расхождения, в последней графе приведены числа со знаком + или —. Цифра со знаком + означает, что при идеальной транскрипции встречается на данное количество больше реализаций данной фонемы, цифра со знаком — означает, что в идеальной транскрипции встречается на данное количество меньше реализаций данной фонемы. Как видно из приведенных данных, в ряде случаев возможны оба знака. Это значит, что в некоторых словах не произносится звук, ожидаемый с точки зрения правил орфоэпии, а в некоторых — произносится звук, не ожидаемый с точки зрения этих правил (см. /j/, /ы/). Заметим, что в данном конкретном произношении гласный /e/ произносится гораздо чаще, чем это предполагается теоретически, а гласные /a/, /i/ и согласный /t/ — гораздо реже.

Особо следует отметить тот факт, что наибольшее число расхождений, в особенности выпадение фонем, наблюдается для наиболее частотных фонем. Это весьма логично, так как эти фонемы наименее информативны в речи (см. табл. 1).

Встречаемость фонем в звучащей речи диалогического характера была также проверена на специальном экспериментальном

Таблица 2

Частотность фонем при чтении

	<i>P</i> идеал.	<i>P</i> реал.	Расхождение		<i>P</i> идеал.	<i>P</i> реал.	Расхождение
<i>a</i>	0.170	0.167	+ 39, - 6	<i>z</i>	0.010	0.010	- 1
<i>i</i>	0.127	0.124	+ 39, - 7	<i>s'</i>	0.014	0.014	
<i>l</i>	0.047	0.046	+ 19, - 4	<i>c</i>	0.009	0.009	
<i>o</i>	0.040	0.040	+ 1	<i>b</i>	0.011	0.011	
<i>n</i>	0.047	0.046	+ 5, - 1	<i>s</i>	0.009	0.009	+ 1
<i>j</i>	0.031	0.030	+ 26, - 11	<i>g</i>	0.011	0.011	
<i>s</i>	0.031	0.031		<i>f</i>	0.013	0.014	
<i>u</i>	0.035	0.036	- 2, - 4	<i>z</i>	0.010	0.010	
<i>r</i>	0.032	0.032		<i>d'</i>	0.008	0.008	+ 3
<i>k</i>	0.037	0.038	- 1	<i>v'</i>	0.009	0.008	+ 2
<i>v</i>	0.025	0.025		<i>x</i>	0.010	0.010	
<i>l'</i>	0.019	0.019	- 1	<i>m'</i>	0.011	0.011	
<i>e</i>	0.037	0.041	- 4, - 37	<i>c</i>	0.009	0.009	
<i>n'</i>	0.029	0.029	- 3	<i>s'</i>	0.003	0.003	- 1
<i>ы</i>	0.027	0.028	- 21, - 30	<i>k'</i>	0.006	0.006	
<i>p</i>	0.022	0.022		<i>d'</i>	0.005	0.005	
<i>m</i>	0.019	0.019	- 1	<i>b'</i>	0.005	0.005	
<i>l'</i>	0.017	0.017	- 2	<i>z'</i>	0.003	0.003	+ 1
<i>d'</i>	0.019	0.019	- 3, - 1	<i>g'</i>	0.003	0.002	
<i>t'</i>	0.016	0.016		<i>f'</i>	0.002	0.002	- 1
<i>r'</i>	0.015	0.015		<i>x'</i>	0.002	0.002	

деющие литературной произносительной нормой, вели спонтанный разговор (объем — 8137 фонем, средняя длительность звука — 81 м/сек).

В табл. 3 приведены данные о распределении фонем у каждого диктора и в среднем по всему диалогу. Несмотря на то, что вообще статистика фонем зависит от текстов, полученные данные все же сопоставимы между собой: частоты фонем у обоих дикторов весьма схожи. Более того, на уровне рангов распределение фонем в среднем в диалоге похоже на распределение частот, полученное по текстам в ЛЭФ. Резкая разница наблюдается лишь для фонем /s/, /r/, /l/, /e/ и /s'/. Это значит, что, по-видимому, статистику ЛЭФ можно использовать для аппроксимации частот фонем спонтанной речи.

2. Статистика аллофонов гласных фонем

Фонетическая вариативность гласных возникает под влиянием качества соседних согласных (в русском языке — в первую очередь под влиянием мягких) и в результате редукции безударных гласных. Получить сведения о реальных звуковых характеристиках гласных мы можем, если учтем два момента: во-первых, их

Таблица 9

Вероятность следования классов согласных и гласных за согласными

	Р (С)		Р (Г)			Р (С)		Р (Г)	
	внутри слов	на стыке	внутри слов	на стыке		внутри слов	на стыке	внутри слов	на стыке
b	27.93	7.14	72.07	92.84	c	25.52	51.08	74.48	48.92
b'	0.33	—	99.67	—	c'	16.06	44.12	83.95	55.88
p	13.56	45.00	56.44	55.00	g	38.49	100.00	61.51	—
p'	0.60	50.00	99.40	50.00	g'	1.42	100.00	98.58	—
v	15.52	75.35	84.48	24.65	k	20.52	56.36	79.48	43.64
v'	1.07	66.66	98.93	33.34	k'	0.22	—	99.78	—
f	93.32	71.72	6.68	28.28	x	26.32	59.46	73.68	40.54
f'	6.67	37.50	93.33	62.50	x'	21.75	—	78.25	—
d	31.54	90.00	68.46	11.43	l	16.25	62.54	83.75	37.46
d'	7.29	100.00	92.71	—	l'	22.53	49.98	77.47	50.02
t	35.67	61.29	64.33	38.71	m	21.14	60.92	78.86	39.08
t'	6.98	57.47	93.02	42.53	m'	0.75	40.00	99.25	60.00
z	37.27	85.72	62.73	14.28	n	17.10	59.56	82.90	40.44
z'	30.72	100.00	69.28	—	n'	7.22	61.09	92.78	38.91
s	77.91	66.56	22.09	33.44	r	18.90	46.17	81.10	53.83
s'	34.10	57.36	65.90	42.64	r'	3.48	65.75	96.52	34.25
~	24.09	100.00	75.94	—	j	6.61	64.06	93.39	35.94
~'	45.06	52.57	54.89	47.43					
s'	51.56	85.71	48.44	14.29					

5. Некоторые статистические характеристики слога

Слог является минимальной произносительной единицей, то есть основной образования бесконечно разнообразных сочетаний звуков, с одной стороны, и большого числа различных ритмических структур слов и более крупных высказываний — с другой. Естественно, что знание статистических характеристик слога имеет большое значение. При определении средней длины слога (в фонемах) или же при выяснении того, как часто встречаются слоги различной длины, необходимо прежде всего определить границы слога. Существуют разные взгляды на характер слогоделения в русском языке, которые основываются на различном понимании природы слога вообще (Л. Р. Зиндер, 1960), однако последние экспериментальные исследования показывают, что любую речевую цепь можно рассматривать как последовательность открытых слогов, то есть слогов, кончающихся гласным звуком (Л. В. Бондарко, Л. П. Павлова, 1967).

Табл. 10 демонстрирует распределение частот слогов различной длины (в фонемах). В первой колонке помещены характеристики 202 наиболее частых слогов, встречающихся в русской речи и покрывающих около 80% любого текста (эти данные получены в ИМ СО АН СССР при общем объеме выборки 87898 слогов, см. В. Н.

Елкина, Л. С. Юдина, 1964). В двух других колонках — данные, полученные в ЛЭФ на звучащей речи (объем монолога 3675 слогов, диалога — 3948 слогов).

Из данных, приведенных в таблице, видно, что наиболее частыми во всех трех распределениях являются слоги, состоящие из двух фонем (то есть слоги типа согласный + гласный), за ними следуют слоги, состоящие из трех фонем (согласный + соглас-

Таблица 10

Частотность слогов различной длины (в фонемах)			
Число фонем	Расчет по 202 слогам	Монолог	Спонт. диалог
1	0.126	0.189	0.193
2	0.647	0.547	0.575
3	0.209	0.238	0.216
4	0.017	0.024	0.015
5	0.001	0.002	0.001

Таблица 11

Средняя длина слога (в фонемах)	
Длина слога	Расчет по данным
2.8	Л. Р. Зиндера (1951)
2.7	Гурбанова-Зиндера (1954)
2.34	ИМ (В. Н. Елкина, Л. С. Юдина, 1964)
2.04	200 самых частых слогов (В. Н. Елкина, Л. С. Юдина, 1964)
2.1	в монологе
2.1	в диалоге

ный + гласный). Особая распространенность слогов СГ и ССГ в русской речи обязательно должна учитываться при решении теоретических и практических задач.

В табл. 11 приведены данные о средней длине слога (в фонемах), полученные на основании шести разных статистик, указанных в самой таблице. Различия между этими данными, как видно из таблицы, заключаются в большей длине слога в первых двух строках: это объясняется тем, что в данном случае членение на слоги предусматривало возможность появления не только открытых, но и закрытых слогов, то есть слогов, заканчивающихся согласным.

6. Статистические характеристики слова

Для описания статистических свойств речевого потока существенно знать, насколько часто встречаются слова с разным количеством слогов и разным местом ударного слога. Как известно, количество слогов в русском слове колеблется от 1 до 14 (А. И. Монсеев, 1973), а ударение может падать на любой слог в слове, так как оно не привязано жестко к какой-либо морфеме или к какому-то месту в слове, тем не менее в речи наблюдается определенная тенденция, в соответствии с которой определенные ритмические типы слов являются более частыми. Табл. 12 содержит данные о частотности слов различных ритмических типов, полученные на различных выборках (данные Л. Р. Зиндера — 22000 слов, монолог — 1184 слова, диалог — 1595 слов). В последней графе — расчетные данные по формуле В. Фукса, которая была выведена

3. Статистика классов фонем

Одним из существенных свойств звуковой системы любого языка является соотношение гласных и согласных в речи (В. А. Никонов, 1966). Табл. 6 демонстрирует частотность гласных и согласных в русском языке. Приведены данные, полученные на транскрибированном тексте, и данные для звучащей речи. Сравнение характеристик этих различных выборок (проверка проводилась по критерию χ^2) показывает, что для первых трех выборок не обнаруживается существенных различий. Нет существенных различий и между двумя последними выборками. Однако между выборками 1—3, с одной стороны, и 4—5 — с другой, различия в высшей степени достоверны. Это хорошо видно на данных, приведенных в последней графе «Консонантный коэффициент», где показано среднее количество согласных на один гласный. В звучащей речи этот коэффициент значительно меньше, потому что в реальном произношении опускаются многие согласные, предполагаемые при идеальном представлении текста в транскрипции (ср. данные табл. 2).

Таблица 6
Частотность классов гласных и согласных

Данные	μ согласных	μ гласных	Консонант. коэффци.
ЛЭФ	0.5800	0.4200	1.38
ИМ	0.5788	0.4212	1.38
А. М. Пешковский	0.5810	0.4190	1.39
Звуч. монолог	0.566	0.436	1.30
Звуч. диалог	0.562	0.438	1.28

Согласные русского языка могут быть охарактеризованы по следующим признакам, которые существенны для выполнения функциональной нагрузки в языке:

- 1) активно действующие органы (губные, переднеязычные, среднеязычные, заднеязычные);
- 2) твердость — мягкость;
- 3) глухость — звонкость;
- 4) способ образования (смычные — щелевые);
- 5) шумность — сонорность.

Что касается первого признака, то по нему согласные распределены следующим образом: в системе согласных больше всего переднеязычных (19), в тексте также наиболее частыми являются переднеязычные (0.3630), затем идут губные (их 10 в репертуаре фонем, частота 0.1229), 6 заднеязычных согласных встречаются в тексте с частотой 0.0575.

В табл. 7 приведены данные о частоте других признаков согласных. Здесь учтено как количество согласных, характеризующихся данным признаком, в системе фонем, так и их частота в текстах.

Анализ этих данных показывает, что некоторые классы фонем встречаются значительно чаще других. Например, в русском языке равное количество твердых и мягких согласных, но твердые в речи встречаются в 2 раза чаще, чем мягкие. Или, звонких согласных в системе фонем больше, чем глухих (ибо в число звонких мы включили и сонанты), и в речи звонкие (включая сонанты) встречаются чаще, чем глухие, но для парных по этому признаку согласных (то есть шумных) дело обстоит иначе: среди парных глухие всегда чаще, чем звонкие.

Таблица 7
Частотность классов согласных

Классы фонем	В репертуаре фонем	Частота в текстах (в %)
Твердые	18	38.83
Мягкие	18	19.17
Глухие	16	22.97
Звонкие	20	35.03
Смычные	18	29.46
Щелевые	18	28.54
Сонорные	9	22.61
Шумные	27	35.39

Исключение составляют лишь пары /f - v/ и /f' - v'/, которые вследствие определенных историко-фонетических причин занимают особое место в фонематической системе русского языка. Согласные /f/ и /f'/ в русских словах появляются лишь в результате чередований с соответствующими

звонкими (то есть на конце слов и перед глухими: зову---зов (/zavũ/ - /zoi/), ставить - ставь (/stav'it'/ - /staf'/). Количество смычных и щелевых одинаково и в системе согласных, и в речи, но среди парных по этому признаку согласных смычные встречаются чаще, чем щелевые. Обращает на себя внимание и то, что частое употребление сонантов в речи ослабляет различия в количестве сонантов и шумных в системе фонем: в системе их в три раза меньше, чем шумных, а в речи - лишь в полтора.

4. Вероятности второго порядка классов фонем

На материале транскрибированных текстов (100 000 фонем) были получены данные о вероятности сочетаний классов фонем (согласных и гласных), а также данные о вероятности следования за каждой из согласных фонем гласной или согласной фонемы. В таблице 8 приведены данные о вероятности сочетания гласных и согласных внутри слова. Видно, что наиболее редкими являются последовательности гласный + гласный (ГГ), наиболее частыми - последовательности согласный + гласный (СГ) или гласный + согласный (ГС).

Таблица 8
Вероятность сочетания классов звуков

Послед.	Предм.	
	с	г
с	0.2551	0.7449
г	0.9983	0.0017

Табл. 9 содержит данные о том, какова вероятность следования гласного или согласного за каждой из согласных фонем.

1957).¹

Только в диалоге самыми частыми оказываются односложные слова, тогда как во всех остальных случаях наиболее частые — двусложные. Интересно, что если в двусложных словах ударение одинаково часто падает и на первый, и на второй слог, то в трехсложных словах наиболее частыми являются слова с ударением на среднем слоге, а в четырехсложных — группа слов с ударением, тяготеющим к середине слова (то есть на втором или третьем слоге).

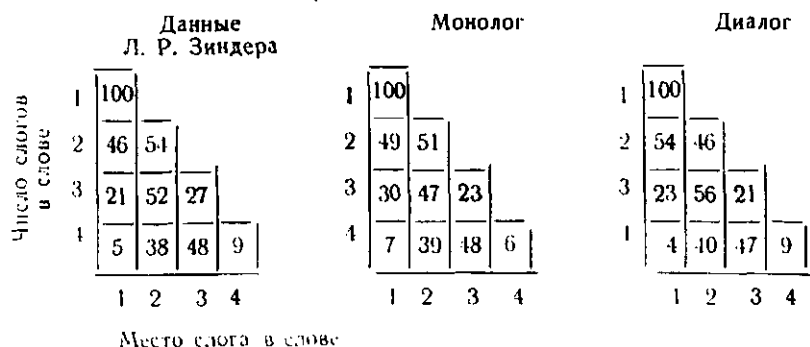
Таблица 12

Частотность слов различных ритмических типов

Кол-во слогов в слове	Ритмические типы	Данные Л. Р. Зиндера	Монолог	Диалог	Расчет по В. Фуку
1	—	12.6	18.0	34.1	30.10
2	— —	15.3	13.2	15.3	36.96
	— —	15.6	13.5	13.1	
3	— — —	6.0	7.5	5.5	22.70
	— — —	15.3	12.1	13.0	
	— — —	8.0	5.8	4.8	
4	— — — —	0.8	1.2	0.4	9.29
	— — — —	6.6	6.2	3.8	
	— — — —	8.3	7.7	4.4	
	— — — —	1.5	0.9	0.9	
5		7.0	9.7	3.6	2.85
6 и более		3.0	4.2	1.1	
		100.0	100.0	100.0	100.0

Аналогичные сведения можно извлечь и из табл. 13, где приведено распределение частот слов различных ритмических типов при одинаковом числе слогов. Здесь можно отметить, что и для двусложных слов обнаруживаются две разные тенденции: в тексте и в монологе преобладают слова с ударением на втором слоге, а в диалоге — с ударением на первом слоге.

Частота появления ударного слога в словах различных ритмических типов



Кроме ритмической структуры слова существенна и его средняя длина, измеряемая или количеством слогов, или количеством фонем. Эти данные приведены в табл. 14.

7. Статистические характеристики частотных значений FII на границе согласного и гласного по отношению к стационарной частоте FII

В минимальной произносительной единице - слове СГ — артикуляторное взаимовлияние элементов слога приводит к тому, что при переходе от согласного к гласному частоты формант гласного характеризуются значениями, весьма существенно отличающимися от частот этих формант на стационарном участке соответствующего гласного. Если для F1 наблюдается, более или менее постоянное изменение — на границе с предшествующим согласным гласный характеризуется более низким положением F1, — то изменения FII довольно разнообразны и по степени изменения частоты форманты, и по самому направлению этого изменения. Значительные изменения частоты FII связаны в первую очередь с изменениями гласного по ряду, что, в свою очередь, связано с активностью передней части спинки языка (Л. В. Бондарко, 1974).

Исходя из имеющихся представлений о возможных изменениях частоты FII, мы получили статистику переходов различных типов, которые могут встретиться в 202 наиболее частых слогах, которые упоминаются в табл. 15.

Таблица 14

Средняя длина слова

Длина слова	Расчет по данным	
<i>в слогах</i>		
2.228	В. Фукса	
3.1		в монологе
2.5		в диалоге
<i>в фонемах</i>		
6.6	в монологе	
5.1		в диалоге

Таблица 15

Частотность изменений FII в слогах типа СГ

	FII ₁ -FII	FII	P		FII ₂ -FII	FII	P
1	--400	1200	0.006	10	500	600	0.018
2	0-100	1200	0.078	11	1100	600	0.010
3	100	1200	0.207	12	-400(-500)	1600	—
4	500	1200	0.024	13	0	1600	0.020
5	--100	700	0.022	14	100	1600	0.058
6	400	700	0.036	15	-900	1700	0.013
7	0	700	0.007	16	-500	1700	0.041
8	1000	700	0.002	17	0	1700	0.360
9	0	600	0.018	18	-100(-200)	1300	0.079

В качестве возможных значений даны те частоты FII, которые встретились у одного из дикторов, чье произношение было специально проанализировано, однако возможны и другие конкретные значения частоты FII (в частности, у нашего испытуемого была низкая частота FII у гласного [i] — около 1700 гц). Важно, однако, что относительное распределение этих формантных переходов сохраняется при любых индивидуальных значениях FII: так, наиболее частыми оказываются переходы типа 3 (небольшое понижение FII после согласного, тип сочетания — переднеязычный согласный + гласный /a/), типа 17 (отсутствие изменения FII по частоте при высоком ее положении, тип сочетания — мягкий согласный + гласный /i/).

Поскольку известно, что в нормальных условиях характеристики переходных участков являются полезными признаками для опознания и гласных, и согласных (М. П. Щербакова, 1971, Р. Delattre, 1955 и др.), использование статистических сведений об этих переходах может дать хорошие результаты и при работе со слабослышащими.

А. С. Штерн

СБАЛАНСИРОВАННЫЕ АРТИКУЛЯЦИОННЫЕ ТАБЛИЦЫ

Существующие словесные артикуляционные таблицы, сбалансированные по ритмическим типам слов и отчасти по фонемному составу, дают в одинаковых условиях существенно различные проценты артикуляции. Это объясняется, по-видимому, тем, что другие характеристики слов, влияющие на их опознание, распределены в этих таблицах не поровну.

Вследствие этого для получения устойчивой оценки нужно, как правило, прослушать большое число таблиц (по ГОСТу — не менее 12). Однако в таких случаях, когда требуется быстро и эко-

номно сравнить тракты связи или же провести исследование восприятия при нарушении слуха и при центральных речевых патологиях, это невозможно. Поэтому возникла необходимость создания таких таблиц, которые были бы сбалансированы по разнообразным факторам, влияющим на опознание слов, благодаря чему небольшое число таблиц было бы достаточным для получения устойчивых результатов.

Для определения этих факторов по результатам прослушивания стандартных таблиц в белом шуме при различных соотношениях «сигнал/шум» были произведены расчеты по схеме дисперсионного анализа (Л. Р. Зиндер, А. С. Штери, 1972). Из лингвистических факторов наиболее существенными оказались длина слова в слогах, его частотность, ритмическая структура слова, принадлежность к определенной части речи и некоторые характеристики образующих его звуков: качество ударных гласных, шумность-сонорность и звонкость-глухость согласных¹.

Ниже приводятся 20 таблиц, сбалансированных по всем этим факторам. Это значит, что во всех таблицах содержится равное число слов, обладающих одинаковыми характеристиками. Например, в каждой таблице есть 12—13 слов с ударным /o/, 5—6 слов с ударным /i/ и т. д., или в каждой таблице есть по 23 существительных, по 11 глаголов и т. д.

Особо следует оговорить фактор «частотность слова». Таблицы серии Б сбалансированы по частотам, определенным по словарю Э. Штейнфельдт (1963), при этом взято 6 градаций объективных частот в логарифмической шкале. Поскольку известно, что правильность опознания лучше коррелирует с субъективными, чем с объективными частотами, в таблицах серии А существительные (для других частей речи нет подобных данных) сбалансированы по субъективным частотам (6 градаций по медианам оценок), причем часть данных взята из словаря А. П. Василевича (1971), а часть получена в экспериментах, проведенных по его методике.

Кроме балансировки самих факторов проведена балансировка сочетаний градаций факторов «частотность», «длина», «ритмическая структура» и «часть речи». Например, в каждой таблице по одному односложному существительному каждой градации частоты, по одному двусложному существительному каждой градации частоты (причем 3 из них структуры — и 3 — структуры —) и т. п.

Каждая таблица содержит 50 слов, порядок их определен по таблице случайных чисел. Для получения устойчивой оценки достаточно применения трех таблиц.

¹ Сравнимые результаты были получены по данным восприятия слов тугоухими. См.: Федина З. И., Рудая Г. Е. О влиянии некоторых лингвистических факторов на восприятие речи при тугоухости.— В сб.: Слух и речь в норме и патологии, вып. I. Л., 1974.