

## **Спектральный анализ квазисегментной структуры речевого сигнала: экспериментально-статистическое исследование**

© доктор филологических наук К.И. Долотин, 2010

Проблемам теории речевой коммуникации, методическим проблемам исследования речевого мышления, прикладным проблемам речевого общения в настоящее время посвящено много работ [Сорокин, Тарасов, Шахнарович 1979; Тарасов 1985; Красных 2001]. Целью данной работы является анализ динамических изменений в центральных механизмах речеобразования при озвучивании текстов в рамках заданного когнитивного намерения диктора. В проведенном эксперименте дикторам (женщина и мужчина, 27 и 60 лет, образование высшее, русские, филологи) предлагалось прочитать один и тот же текст (отрывок из Ж. Санд, т. 2, с. 5) без предварительной подготовки, а через 10 минут пересказать своими словами его смысловое содержание. Длительность текстов, озвученных дикторами, была в пределах от 45 до 70 секунд. Объектом анализа служили четыре временных ряда, алгоритмически выделенные из формантной структуры речевого сигнала посредством математической экспликации квазидифференциальных обобщенных резонансных признаков речевого тракта (*первый уровень обобщения*). Пятый временной ряд был выделен из речевого сигнала посредством множественного кросскорреляционного анализа первых четырех временных рядов (*второй уровень обобщения*). В первом приближении можно допустить, что временные ряды *первого уровня обобщения* формантной структуры речевого сигнала отражают динамические изменения в центральном механизме управления параметрами речевого тракта (его поперечным сечением и мышечным напряжением), а *второй* – механизм эмоционального регулирования второй сигнальной системы в процессе порождения речи.

Спектральный анализ временных рядов как системы взаимосвязанных процессов позволяет характеризовать динамические свойства этих систем (инерционные и колебательные), а также структуру их взаимного энергетического спектра. В эксперименте первый и второй временные ряды (VAR 1 и VAR 2) были представлены дискретными значениями отношений текущих значений частоты первой форманты ко второй и значениями отношений их ширины, соответственно. Эти ряды в первом приближении характеризуют 1-й обобщенный квази-дифференциальный резонансный признак когнитивной установки диктора. Второй и третий временные ряды (VAR 2 и VAR 3) были представлены

дискретными значениями экспериментально подобранных комбинированных отношений текущих значений частоты и ширины второй и третьей формант. В свою очередь эти ряды в первом приближении характеризуют 2-й обобщенный квази-дифференциальный резонансный признак когнитивной установки диктора в процессе производства озвученной речи.

Пятый временной ряд VAR 5 представлен числами 1 и 0, которые были получены посредством алгоритма, разработанного на основе учета текущих значений интервальных кросскорреляционных функций рядов VAR 1, VAR 2, VAR 3 и VAR 4 (множественная парная кросскорреляция). Временной ряд VAR 5 в первом приближении отражает на оси текущего времени речевого сигнала динамику изменений длительности нарушения взаимодействия совместно работающих нейронных систем, которые управляют параметрами речевого тракта в процессе производства речи в рамках эмоционального процесса, обусловленного заданным когнитивным намерением диктора (1 – нет нарушения, 0 – есть нарушение).

В связи с вышесказанным, ниже приведены некоторые данные кросспектрального анализа временных рядов VAR 1, VAR 2, VAR 3 и VAR 4 с временным рядом VAR 5 (см. табл. 1 и 2).

Таблица 1.										
<i>Диктор (муж-рус), частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)</i>										
Сигналы	Дельта-1		Дельта-2		Тета-1		Тета-2		Альфа-1	
	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение
VAR 1 – VAR 5	1,53	0,77	4,2	2,3	4,6	3,2	6,1	4,2	7,3	5,4
VAR 2 – VAR 5	1,1	0,5	3,8	1,9	6,1	3,8	8	5,4	8,5	8
VAR 3 – VAR 5	1,2	0,77	3,4	2,7	4,9	4	6,5	5,4	7,7	7,7
VAR 4 – VAR 5	0,8	0,8	3,2	3,5	5	5,4	6,5	6,6	7,7	7,4

Таблица 2.										
<i>Диктор (жен-рус.), частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)</i>										
Сигналы	Дельта-1		Дельта-2		Тета-1		Тета-2		Альфа-1	
	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение	пересказ	чтение
VAR 1 – VAR 5	1,1	0,81	4,2	3,8	5,9	5,4	6,3	6,5	7,7	8,5

VAR 2 – VAR 5	1,5	1,9	4,2	3,5	5,7	5,8	6,5	6,5	7,4	7,7
VAR 3 – VAR 5	0,8	1,1	4,2	3,8	6,1	5,1	6,5	6,3	7,7	8,9
VAR 4 – VAR 5	1,1	0,77	4,2	3,8	4,6	4,9	6,1	6,5	8,5	8,9

Статистический анализ измеренных данных обнаруживает значимое различие средних величин частот мозговых ритмов у дикторов (мужчины и женщины, русские) как при озвучивании смыслового содержания текста своими словами, так и при чтении его без подготовки (см. таблицы 3, 4, 5, 6).

Таблица 3.					
<i>Диктор (муж-рус), пересказ,</i>					
частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)					
	<i>Дельта-1</i>	<i>Дельта-2</i>	<i>Тета-1</i>	<i>Тета-2</i>	<i>Альфа-1</i>
VAR 1 – VAR 5	1,53	4,2	4,6	6,1	7,3
VAR 2 – VAR 5	1,1	3,8	6,1	8	8,5
VAR 3 – VAR 5	1,2	3,4	4,9	6,5	7,7
VAR 4 – VAR 5	0,8	3,2	5	6,5	7,7
	Средние значения в колонках (в Гц)				
	1,1575	3,65	5,15	6,775	7,8
Статистика однофакторного анализа					
	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>		
	82,35433	5,07E-10	3,055568		

Таблица 4.					
<i>Диктор (муж-рус), чтение,</i>					
частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)					
	<i>д1</i>	<i>д2</i>	<i>т1</i>	<i>т2</i>	<i>а1</i>
VAR 1 – VAR 5	0,77	2,3	3,2	4,2	5,4
VAR 2 – VAR 5	0,5	1,9	3,8	5,4	8
VAR 3 – VAR 5	0,77	2,7	4	5,4	7,7
VAR 4 – VAR 5	0,8	3,5	5,4	6,6	7,4
	Средние значения в колонках (в Гц)				
	0,71	2,6	4,1	5,4	7,125

*Язык, сознание, коммуникация: Сб. статей/Под ред. Н.В. Уфимцевой, В.В. Красных, А.И. Изотова. – М.: МАКС Пресс, 2010. – Вып. 40. – 156 с. ISBN 978-5-317-03524-2*

Статистика однофакторного анализа		
<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое
33,17277	2,75E-07	3,055568

Таблица 5.					
<i>Диктор (жен-рус), пересказ,</i> частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)					
	д1	д2	т1	т2	а1
VAR 1 – VAR 5	1,1	4,2	5,9	6,3	7,7
VAR 2 – VAR 5	1,5	4,2	5,7	6,5	7,4
VAR 3 – VAR 5	0,8	4,2	6,1	6,5	7,7
VAR 4 – VAR 5	1,1	4,2	4,6	6,1	8,5
	Средние значения в колонках (в Гц)				
	1,125	4,2	5,575	6,35	7,825
Статистика однофакторного анализ					
<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое			
163	3,63E-12	3,05			

Таблица 6.					
<i>Диктор (жен-рус), чтение,</i> частота Дельта, Тета, Альфа ритмов (в Гц)					
	д1	д2	т1	т2	а1
VAR 1 – VAR 5	0,81	3,8	5,4	6,5	8,5
VAR 2 – VAR 5	1,9	3,5	5,8	6,5	7,7
VAR 3 – VAR 5	1,1	3,8	5,1	6,3	8,9
VAR 4 – VAR 5	0,77	3,8	4,9	6,5	8,9
	Средние значения в колонках (в Гц)				
	1,145	3,725	5,3	6,45	8,5
Статистика однофакторного анализа					
<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое			
198	8,72E-13	3,055568			

Статистический анализ измеренных данных обнаруживает значимое различие средних величин амплитуды частот мозговых ритмов у дикторов (мужчины и женщины, русские) как при озвучивании смыслового

*Язык, сознание, коммуникация: Сб. статей / Под ред. Н.В. Уфимцевой, В.В. Красных, А.И. Изотова. – М.: МАКС Пресс, 2010. – Вып. 40. – 156 с. ISBN 978-5-317-03524-2*

содержания текста своими словами, так и при чтении его без подготовки (см. таблицы 7, 8, 9, 10).

Таблица 7.					
<i>Диктор (муж-рус), пересказ,</i> амплитуда частоты Дельта, Тета, Альфа ритмов (в относительных единицах)					
	д1	д2	т1	т2	а1
VAR 1 – VAR 5	0,9	0,5	0,375	0,15	0,23
VAR 2 – VAR 5	0,8	0,46	0,1	0,19	0,04
VAR 3 – VAR 5	2,5	0,3	0,15	0,15	0,04
VAR 4 – VAR 5	1,4	0,8	0,1	0,1	0,05
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)				
	1,4	0,515	0,18125	0,1475	0,09
Статистика однофакторного анализа					
<i>F</i>		<i>P-Значение</i>		<i>F критическое</i>	
8,845319		0,000709		3,055568	

Таблица 8.					
<i>Диктор (муж-рус), чтение,</i> амплитуда частоты Дельта, Тета, Альфа ритмов (в относительных единицах)					
	д1	д2	т1	т2	а1
VAR 1 – VAR 5	1	0,6	0,12	0,05	0,11
VAR 2 – VAR 5	0,55	0,65	0,3	0,12	0,08
VAR 3 – VAR 5	1,3	0,7	0,2	0,1	0,1
VAR 4 – VAR 5	2,5	0,45	0,25	0,08	0,05
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)				
	1,3375	0,6	0,2175	0,0875	0,085
Статистика однофакторного анализа					
<i>F</i>		<i>P-Значение</i>		<i>F критическое</i>	
7,888094		0,001245		3,055568	

Таблица 9.					
<i>Диктор (жен-рус), пересказ,</i> амплитуда частоты Дельта, Тета, Альфа ритмов (в относительных единицах)					
	д1	д2	т1	т2	а1

VAR 1 – VAR 5	1,4	0,3	0,15	0,15	0,18
VAR 2 – VAR 5	0,63	0,16	0,19	0,19	0,1
VAR 3 – VAR 5	2,15	0,2	0,06	0,06	0,2
VAR 4 – VAR 5	2,6	0,21	0,1	0,02	0,1
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)				
	1,695	0,2175	0,125	0,105	0,145
Статистика однофакторного анализа					
<i>F</i>	<i>P-Значение</i>		<i>F критическое</i>		
12,56263	0,00011		3,055568		

Таблица 10.					
<i>Диктор (жен-рус), чтение,</i>					
амплитуда частоты Дельта, Тета, Альфа ритмов (в относительных единицах)					
	д1	д2	т1	т2	а1
VAR 1 – VAR 5	1,1	1,5	0,08	0,1	0,1
VAR 2 – VAR 5	0,5	1	0,15	0,1	0,1
VAR 3 – VAR 5	0,8	1	0,1	0,11	0,19
VAR 4 – VAR 5	1,2	1	0,16	0,11	0,2
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)				
	0,9	1,125	0,1225	0,105	0,1475
Статистика однофакторного анализа					
<i>F</i>	<i>P-Значение</i>		<i>F критическое</i>		
29,0755	6,56E-07		3,055568		

Статистический анализ данных обнаруживает также инвариантное по отношению к полу дикторов значимое различие средних величин частоты мозгового ритма д2 и его амплитуды, характерных для пересказа и прочтения текста (см. таблицы 11, 12).

Таблица 11.		
	<b>Пересказ,</b> Ж.Санд т2 с5 (муж-жен, рус)	<b>Чтение,</b> Ж.Санд т2 с5 (муж-жен, рус)
	частота Дельта 2 ритма (в Гц)	
VAR 1 – VAR 5	4,2	2,3
VAR 2 – VAR 5	3,8	1,9
VAR 3 – VAR 5	3,4	2,7

VAR 4 – VAR 5	3,2	3,5
VAR 1 – VAR 5	4,2	3,8
VAR 2 – VAR 5	4,2	3,5
VAR 3 – VAR 5	4,2	3,8
VAR 4 – VAR 5	4,2	3,8
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)	
	3,925	3,1625
Статистика однофакторного анализа		
<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое
6,268833	0,025282	4,60011

Таблица 12.		
	<b>Пересказ,</b> Ж.Санд т2 с5 (муж-жен, рус)	<b>Чтение,</b> Ж.Санд т2 с5 (муж-жен, рус)
Амплитуда частоты Дельта-2 ритма (в относительных единицах)		
VAR 1 – VAR 5	0,5	0,6
VAR 2 – VAR 5	0,46	0,65
VAR 3 – VAR 5	0,3	0,7
VAR 4 – VAR 5	0,8	0,45
VAR 1 – VAR 5	0,3	1,5
VAR 2 – VAR 5	0,16	1
VAR 3 – VAR 5	0,2	1
VAR 4 – VAR 5	0,21	1
	Средние значения в колонках (в относительных единицах)	
	0,36625	0,8625
Статистика однофакторного анализа		
<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое
12,62965	0,003177	4,60011

Вышеприведенные экспериментальные данные кросспектрального анализа и данные анализа кросскорреляционных функций временных рядов VAR 1, 2, 3, 4 и VAR 5 (соответственно) в первом приближении позволяют предположить, что когнитивные намерения дикторов (мужчина и женщина, русские) связаны с активацией определенных корковых отделов мозга в области частотного диапазона Дельта-2 ритма на

частоте 3,925 Гц, амплитуда – 0,366 отн. ед. при пересказе и 3,163 Гц, амплитуда – 0,862 отн. ед. при чтении без подготовки.

Попарный кросскорреляционный анализ временных рядов VAR 1, 2, 3, 4 с VAR 5 в первом приближении позволил статистически оценить среднюю величину временной задержки влияния инициирующего эмоционального процесса VAR 5 на процессы управления параметрами речевого тракта (VAR 1, 2, 3, 4). Например, при чтении без подготовки текста дикторами время такой задержки равно 0,5 секунды, а при пересказе его смыслового содержания своими словами – 0,8 секунды. Эти экспериментально измеренные значения скрытой реакции корковых отделов мозга, посредством которых осуществляется взаимодействие процессов VAR 1, 2, 3, 4 и VAR 5, согласуются с диапазоном значений собственно «времени ассоциации» (0,7–0,9) сек., которое измерялось на основе субъективно-психологического метода, разработанного Вундтом. По этому методу время измерялось следующим образом: испытуемого просили, как можно быстрее реагировать своим ключом «в тот самый момент, когда он замечал, что слово-раздражитель вызывало в нем по ассоциации какое-нибудь другое представление» [Бойко 1964].

#### Л и т е р а т у р а

1. *Бойко Е.И.* Время реакции человека. М.: Издательство «Медицина», 1964.
2. *Красных В.В.* Основы психолингвистики и теории коммуникации. М., 2001.
3. *Сорокин Ю.А., Тарасов Е.Ф., Шахнарович А.М.* К построению теории речевой коммуникации. Теоретические и прикладные проблемы речевого общения. М., 1979. С. 5-125.
4. *Тарасов Е.Ф.* Методологические проблемы исследования речевого мышления // Исследование речевого мышления в психолингвистике. М., 1985. С. 8-31.