

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МЕЛОДИЧЕСКИЕ ПОРТРЕТЫ ИНТОНАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РУССКОЙ РЕЧИ

Лобанов Б.М. (Lobanov@newman.bas-net.by),

Окрут Т.И. (tatberrie@gmail.com)

Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Ключевые слова: интонационные конструкции, мелодический портрет, синтез и анализ интонации, русская интонации, русский как иностранный (РКИ)

UNIVERSAL MELODIC PORTRAITS OF INTONATION PATTERNS IN RUSSIAN SPEECH

Lobanov B.M. (Lobanov@newman.bas-net.by),

Okrut T.I. (tatberrie@gmail.com)

United Institute of Informatics Problems NAS Minsr, Belarus

We proceed from the model of intonation patterns by Elena Bryzgunova, which is widely used in the teaching of Russian speech intonation. This model includes seven patterns: IP1 (the falling tone), IP2 (the falling tone with a certain prosodic emphasis), IP3 (the rising tone with subsequent fall), IP4 (the falling-rising tone), IP5 (combination of the rising, smooth and falling tones), IP6 (combination of the rising and smooth tones), IP7 (combination of the rising tone with the glottal stop). We present a model of intonation portraits of accentual units (the PAU model), proposed by one of the authors of this paper and effectively used in the practice of Russian speech synthesis for a long time. The PAU model assumes that, for a certain intonation type, the topological properties of the melodic contour are independent of the quantitative and the qualitative characteristics of the pre-nucleus, the nucleus and the post-nucleus of accentual units. The methodology of an experiment of integration of the two models into a unified model of Universal melodic portraits of intonation patterns (UMP-IP) is discussed. The new model is shown to effectively represent the tonal structure of Elena Bryzgunova's intonation patterns and ensure the invariance of the quantitative and the qualitative constituents of the sentence pronounced as well as the pitch and the range of the speaker's voice. The obtained results are discussed from the viewpoint of applicability to the practice of teaching Russian as the second language.

Key words: intonation patterns, melodic portrait, synthesis and analysis of intonation, Russian intonation, Russian as the second language

Введение

В 1960-х гг. Е.А. Брызгунова предложила описание интонации русского языка [Брызгунова, 1968] с использованием понятия *интонационной конструкции*, которое вошло в академическое издание русской грамматики [Брызгунова, 1980] и стало повсеместно использоваться методических пособиях по обучению русского языка как иностранного (РКИ) [Одинцова, 2011]. За основу классификации интонационных конструкций принят характер движения тона на ударном и прилегающих к нему слогах. Е.А. Брызгунова выделяет семь основных интонационных конструкций русского языка, различающих смысл звучащих предложений. Приведём особенности их типичного употребления и описание характера движения тона в каждой ИК, взятые из современного Интернет-учебника по фонетике русского языка [<http://www.philol.msu.ru/~fonetica/>]:

- ИК1 наблюдается при выражении завершенности в повествовательных предложениях: *Анна стоит на мосту. Наташа поет.* Для ИК1 характерно понижение тона на ударной части.
- ИК2 реализуется в вопросе с вопросительными словами: *Кто пьет сок? Как поет Наташа?* При ИК2 ударная часть произносится с некоторым повышением тона.
- ИК3 характерна для вопроса без вопросительного слова: *Это Антон? Ее зовут Наташа?* Для этой интонации характерно значительное повышение тона на ударной части.
- ИК4 - это вопросительная интонация, но с сопоставительным союзом /а/: *А вы? А это?* На ударной части происходит повышение тона, продолжающееся на безударных слогах.
- ИК5 реализуется при выражении оценки в предложениях с местоименными словами: *Какой сегодня день!* На ударной части - повышение тона.
- ИК6, так же как и ИК5, реализуется при выражении оценки в предложениях с местоименными словами: *Какой сок вкусный!* Повышение тона происходит на ударной части и продолжается на заударной части.
- ИК7 употребляется в предложениях со значением экспрессивного отрицания признака, действия, состояния: *Какой он специалист! Только вид делает.*

Очевидно, что, представленное выше описание ИК1-ИК7, также как и более развёрнутое описание приведенное в [Брызгунова, 1980], не являются полными и строгими. Эти описания понятны лингвистам и преподавателям РКИ, но не могут вполне удовлетворить разработчиков компьютерных моделей анализа и синтеза интонационных характеристик речи.

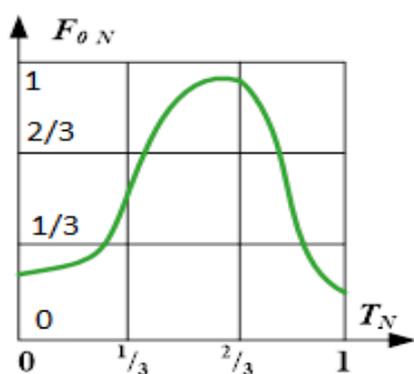
В настоящей работе предпринята попытка дать описание ИК1-ИК7 в рамках хорошо разработанной и апробированной ПАЕ-модели [Lobanov, 2006]. ПАЕ-модель (модель портретов акцентных единиц) была предложена более 20 лет назад [Lobanov, 1987] и с тех пор успешно использовалась в нескольких системах синтеза русской речи по тексту. В соответствии с ПАЕ-моделью, минимальной просодическим компонентом, из которого составляется интонация синтагмы, является Акцентная Единица (АЕ). АЕ может состоять из одного или более фонетических слов, но должна иметь в своём составе только один полноударный слог. Каждая АЕ, в свою очередь, состоит из ядра (полноударная гласная фонема), предъядра (все фонемы, предшествующие полноударной гласной) и заядра (все фонемы за полноударной гласной). Или иначе – согласно терминологии Брызгуновой – «центр», «предцентр» и «постцентр». ПАЕ-модель предполагает, что для определенного типа интонации топологические свойства мелодического контура АЕ не зависят от количественного и качественного содержания предъядра, ядра и заядра.

ПАЕ-модель обеспечивает возможность представления семи интонационных конструкций Брызгуновой – {ИК_i} – в виде набора их Универсальных Мелодических Портретов (ЭМП) в нормированных координатах «Частота – Время» – {УМП ИК_i}.

Нормализация по времени осуществляется путём приведения к стандартной длине элементов АЕ: предъядерных, ядерных и заядерных участков. Этот вид нормализации устраняет различия мелодической кривой, связанные с количественным составом предъядерных и заядерных участков АЕ.

Для нормализации по частоте определяются минимальное ($F_{0\ min}$) и максимальное ($F_{0\ max}$) значения частоты основного тона - F_0 для всего ансамбля мелодических кривых $\{ИК_i\}$ в произнесении данного диктора. Нормализация осуществляется в соответствии с формулой: $F_0^N = (F_0 - F_{0\ min}) / (F_{0\ max} - F_{0\ min})$. Этот вид нормализации устраняет различия мелодической кривой, связанные с индивидуальными дикторскими различиями в высоте голоса.

Таким образом, нормированное пространство для отображения УМП $ИК_i$ может быть представлено в виде прямоугольника с координатными осями (T_N, F_0^N) , как это представлено на схематическом рисунке 1. При этом интервалам на оси абсцисс соответствуют: $[0 - 1/3]$ – предъядро, $[1/3 - 2/3]$ – ядро, $[2/3 - 1]$ – заядро. Интервалам на оси ординат соответствуют: $[0 - 1/3]$ – низкий уровень тона, $[1/3 - 2/3]$ – средний, $[2/3 - 1]$ – высокий.



Целью настоящей работы является экспериментальная проверка эффективности представления $ИК1 - ИК7$ в виде набора Универсальных Мелодических Портретов – $\{УМП\ ИК_i\}$ – в условиях варьирования количественного и качественного состава произносимых фраз, а также в условиях произнесения этих фраз женским и мужским голосами.

Рис. 1. Общий вид УМП $ИК$

1. Методика эксперимента

В качестве материала для экспериментального исследования использованы аудиозаписи многочисленных вариантов эталонной реализации каждой из семи $ИК$ в исполнении профессиональных дикторов (женщина и мужчина). Аудиозаписи взяты из приложения к учебному пособию РКИ [Одинцова, 2011].

С помощью системы *PhonoClonator* [Лобанов, 2008] для каждого из аудио сигналов эталонной реализации $ИК$ осуществлялась автоматическая сегментация и разметка на последовательность аллофонов фонем и питчей (периодов основного тона). Разметка аудио сигнала осуществлялась в соответствии с текстом анализируемой фразы. В таблице 1 приведены тексты фраз в каноническом виде (как в учебнике) и в виде, требуемом для работы ФоноКлонатора. Общий вид пользовательского интерфейса ФоноКлонатора при обработке этих фраз приведен на рисунке 2.

Таблица 1.

	Канонический текст фразы с $ИК1$	Текст фразы с $ИК1$ для ФоноКлонатора
1.	<i>Он гул¹яет.</i>	<i>О=н гуля+ет.</i>
2.	<i>Он гул¹яет в парке.</i>	<i>О=н гуля+ет в па=рке.</i>
3.	<i>Он гул¹яет в парке с собакой.</i>	<i>О=н гуля+ет в па=рке с соба=кой.</i>
4.	<i>Он заним¹ается.</i>	<i>О=н занима+ется.</i>
5.	<i>Он заним¹ается в библиотеке.</i>	<i>О=н занима+ется в библиоте=ке.</i>

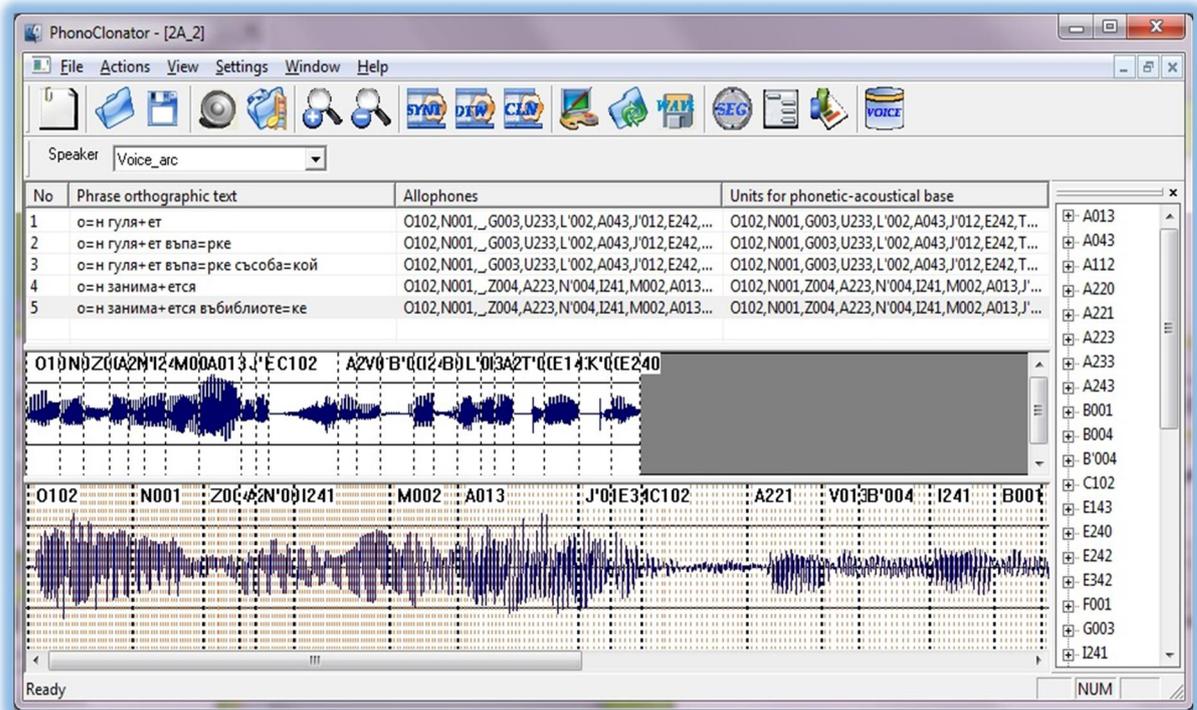


Рис.2. PhonoClonator – общий вид пользовательского интерфейса

На следующем этапе размеченные ФоноКлонатором аудио сигналы подаются на вход системы *IntoClonator* [Лобанов, 2008], с помощью которого отображаются границы ядра, предъядра и заядра, мелодическая кривая и кривая интенсивности сигнала (см. рисунок 3). Предварительно устанавливаются минимальное ($F_{0\ min}$) и максимальное ($F_{0\ max}$) значения частоты основного тона - F_0 для всего ансамбля мелодических кривых $\{IK_i\}$ в произнесении данного диктора. В приведенном на рис. 3 примере для фразы с ИК1 «Он заним¹ается в библиотеке», произнесённой диктором женщиной выбраны: $F_{0\ min} = 115$ Гц, а $F_{0\ max} = 420$ Гц.



Рис.3. IntoClonator – общий вид пользовательского интерфейса

На заключительном этапе с помощью системы *ShapeEditor* (см. Рис. 4) обработанная *ИнтоКлонатором* информация используется для построения УМП ИК1 для фразы «Он заним¹ается в библиотеке» в описанном выше нормированном виде.

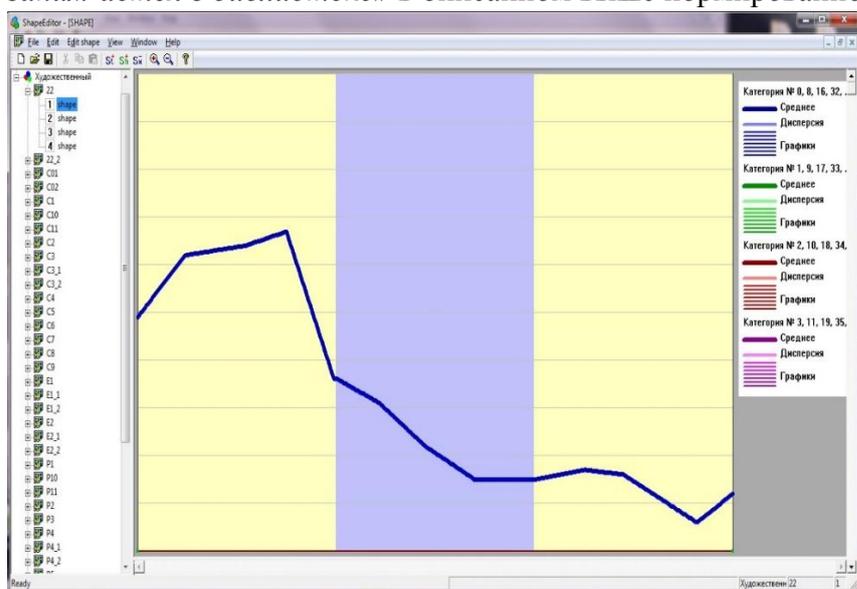


Рис.4. *ShapeEditor* – общий вид пользовательского интерфейса

2. Результаты эксперимента

Ниже на рисунках 5 – 11 приведены построенные в соответствии с описанной выше методикой УМП ИК1 – ИК7 для различных фраз, произнесённых диктором-мужчиной (слева) и диктором-женщиной (в центре). Справа приведена таблица с текстами анализируемых фраз. Для мужского и женского голосов при нормировании частотной шкалы для всех ИК использовались, соответственно, значения $F_{0\ min} = 75$ и 115 Гц, определённые для контуров ИК1, и значения $F_{0\ max} = 210$ и 420 Гц, определённые для контуров ИК5. На каждом из построенных графиков УМП жирная кривая описывает усреднённые данные для всех использованных реализаций ИК.

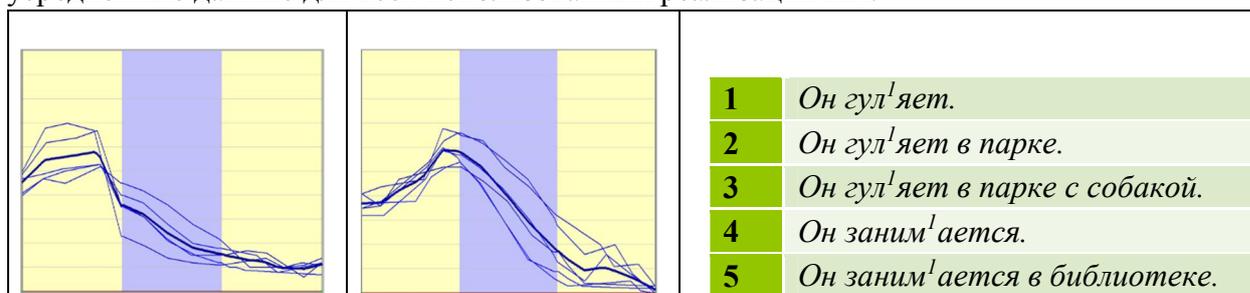


Рис. 5. ИК1 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз

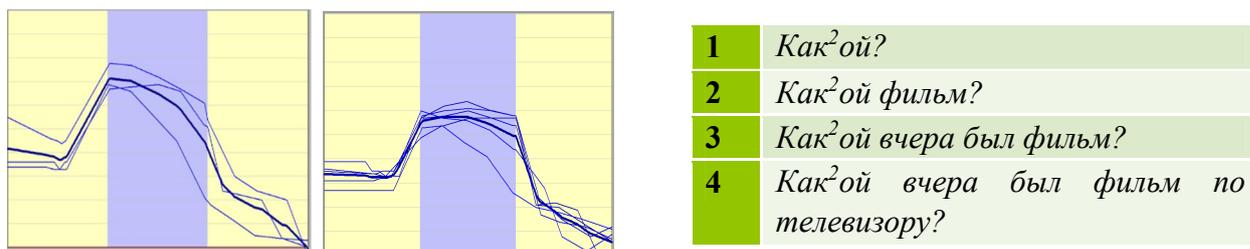
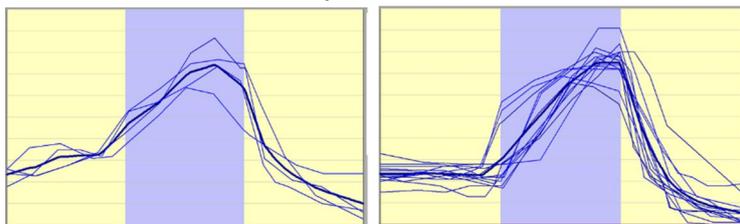
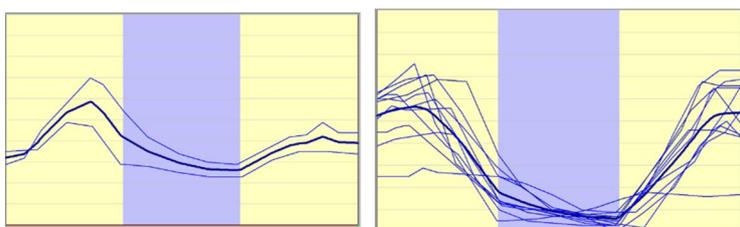


Рис. 6. ИК2 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз



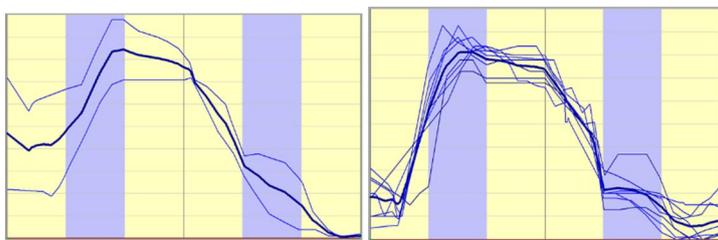
- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 | Ты своб ³ оден сегодня? |
| 2 | Ты свободен сег ³ одня? |
| 3 | Л ³ юбит? |
| 4 | Сестра л ³ юбит? |
| 5 | Сестра л ³ юбит балет? |

Рис. 7. ИК3 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз



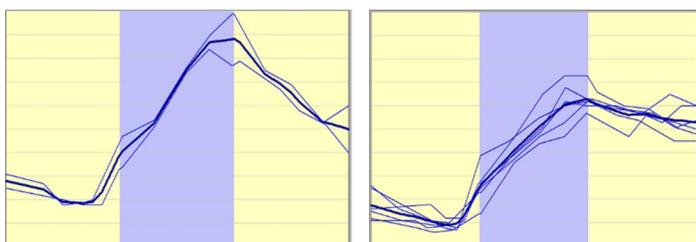
- | | |
|---|--------------------------|
| 1 | А д ⁴ едушка? |
| 2 | А ч ⁴ ёрный? |
| 3 | А в м ⁴ алом? |
| 4 | А р ⁴ озы? |
| 5 | А сег ⁴ одня? |

Рис. 8. ИК4 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз



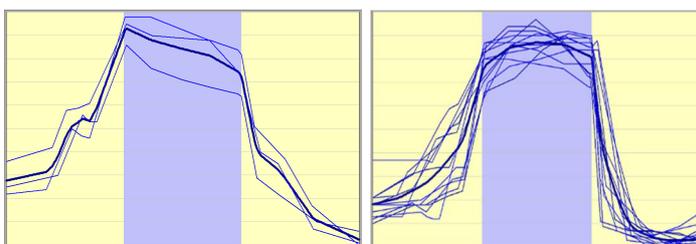
- | | |
|---|---|
| 1 | Как ⁵ ой сегодня д ⁵ ень! |
| 2 | Как ⁵ ой сегодня ужасный д ⁵ ень! |
| 3 | Гд ⁵ е он только не побыв ⁵ ал! |
| 4 | Ком ⁵ у она только не пис ⁵ ала! |

Рис. 9. ИК5 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз



- | | |
|---|--|
| 1 | Какой ф ⁶ ильм! |
| 2 | Какой ф ⁶ ильм прекрасный! |
| 3 | Какая м ⁶ узыка прекрасная! |
| 4 | Какая у них м ⁶ ебель! |
| 5 | Какая у них м ⁶ ебель некрасивая! |

Рис. 10. ИК6 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз



- | | |
|-----|--|
| 1 | Да как ⁷ ая там выставка! |
| 2 | Да как ⁷ ая она актриса! |
| 3 | Да о ⁷ ч ⁷ ём мне с тобой разговаривать! |
| ... | ... |

Рис. 11. ИК7 – УМП мужского и женского голосов + тексты фраз

Представленный на рисунках 5 – 11 экспериментальный материал позволяет сделать главный основополагающий вывод о том, что УМП являются эффективным средством представления тональной структуры интонационных конструкций Е.А. Брызгуновой, обеспечивающим инвариантность относительно количественного и качественного состава произносимых фраз, а также высоты и диапазона голоса диктора.

На рисунке 12 представлены УМП ИК1 в сопоставлении с ИК2 – ИК7. Очевидность графического сопоставления не требует, на наш взгляд дальнейших словесных пояснений. Суждение о том, в какой степени полученные УМП ИК1-7 коррелируют с данными, приведенными в [Брызгунова, 1980] (см. таблицу), мы предоставляем читателю.

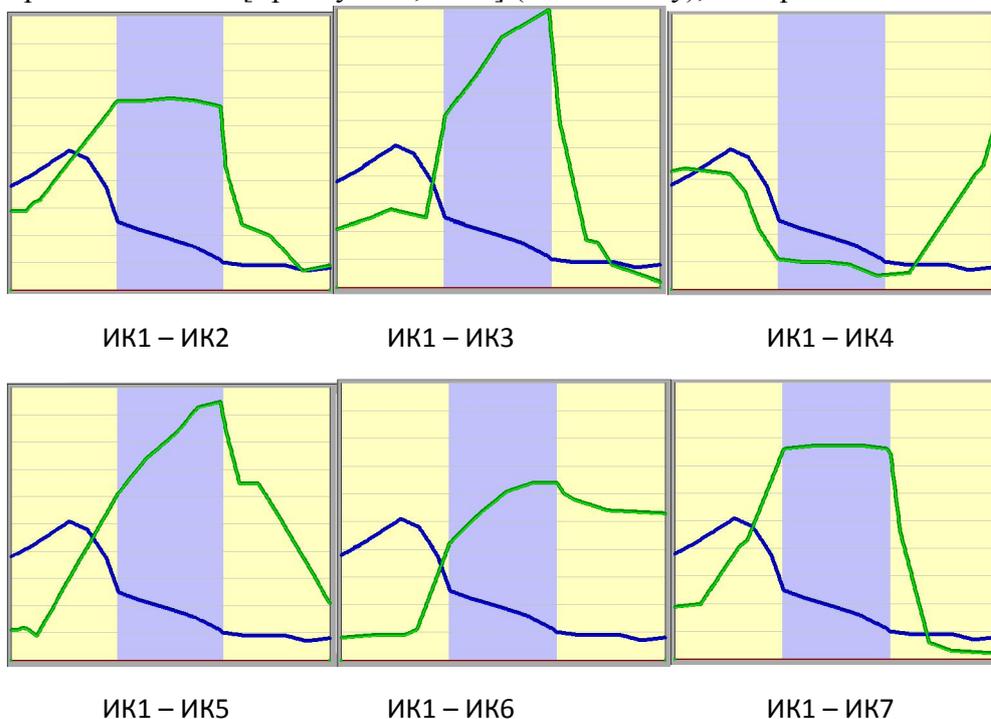


Рис. 12. Графическое сопоставление УМП ИК1 (тёмная линия) с ИК2 – ИК7

Таблица [2]

Тип ИК	Направление тона в центре ИК	Уровень тона в центре	Уровень тона в постцентре	Признаки для 2-х типов ИК
--\ _ ИК-1	Нисходящее	Ниже предцентра	Ниже предцентра	См. ИК-2
--\ _ ИК-2	Нисходящее	В пределах предцентра или незначительно ниже	Ниже предцентра	Усиление словесного ударения на гласном центра в отличие от ИК-1
--/ _ ИК-3	Восходящее	Выше предцентра	Ниже предцентра	См. ИК-7
--/ _ ИК-4	Нисходящее или нисходяще-восходящее	Ниже предцентра	Выше предцентра	
--/\ _ ИК-5	1-й центр — восходящее, 2-й центр — нисходящее	Выше предцентра	Ниже предцентра	Увеличение длительности центров по сравнению с ИК-2
--/ _ ИК-6	Восходящее	Выше предцентра	Выше предцентра	
--' _ ИК-7	Восходящее	Выше предцентра	Ниже предцентра	Смычка голосовых связей на гласном центра в отличие от ИК-3

3. Обсуждение результатов

В данной работе мы сознательно ушли от рассмотрения вопросов, связанных с употреблением различных ИК для выражения смысловых различий высказываний во взаимодействии с их синтаксическим строением и лексическим составом, сосредоточив внимание лишь на представлении акустических компонентов интонации. Строгое решение вопросов ИК-разметки текстов до сих пор остаётся открытым, хотя постоянно находятся в сфере научных интересов [Янко, 2008]. Тем не менее, уже существует большое количество текстов в различных учебниках РКИ, размеченных «вручную» с указанием требуемых ИК. Ниже приведен пример такого рода текста из учебного пособия [Муханов, 1995]. В приведенном тексте центр ИК маркируется цифрой, соответствующей типу ИК. Ядру УМП соответствует маркированная цифрой ударная гласная фонема, а левой (предъядро) и правой (заядро) границами УМП являются знаки препинания либо знак {/}.

Наташа: *Здра²вст^{вуй}, Петя! Ну, удало³сь тебе купить книгу?*

Петя: *Здра²вст^{вуй}, Наташа! Да¹,/ я купи¹л книгу. Хорошо, что ты посоветовала в Дом кни¹ги. Зна³ешь, что я ещё там купил?*

Н.: *Что²?*

П.: *"Антолог^ю русской поэ²зии"!*

Н.: *Пра³вда? Во³т здорово! Ты не мо³г бы дать мне её почитать?*

П.: *Почему² же не могу? Обяза²тельно да¹м,/ но только попо¹зже.*

Н.: *Ну, хорошо¹. А больше ты ничего³ не купил?*

П.: *Я хотел купить ещё альбом "Пейзажи Москвы¹",/ но у меня не хват^ило де¹нег.*

Н.: *Так ведь у меня е²сть этот альбом. Хо³чешь, дам посмотреть?*

П.: *Конечно, хочу². Когда² ты сможешь мне его дать?*

Н.: *Да хоть сейча²с,/ он у меня с собо²й.*

П.: *Ну, прекра¹сно. Спаси²бо тебе большое. Ну, до за³втра?*

Н.: *До за²втра.*

Отметим важное практическое значение разработанного метода представления интонации речи в виде набора УМП ИК при создании компьютерных программ обучения русскому языку как иностранному с использованием синтезаторов и анализаторов речи. УМП ИК могут быть использованы в составе русскоязычных синтезаторов речи для освоения русской интонации на слух и в составе анализаторов речи – для тренировки правильности интонирования в процессе говорения.

Если в соответствии с разработанной методикой (см. раздел 1) создан эталонный набор УМП ИК и имеется текст, размеченный приведенным выше способом, то он может быть озвучен с желаемыми интонационными характеристиками. Для этой цели может быть использован синтезатор речи *MultiPhone* [Лобанов, 2008], в котором созданные УМП ИК применяются в качестве эталонов. При включении его в состав обучающих программ РКИ преподаватель или учащийся сможет самостоятельно формировать тренировочные упражнения для освоения звучания различных ИК русской речи, в различных контекстах и с различными голосами.

Созданный эталонный набор УМП ИК может быть использован также в анализаторе интонации произносимых фраз. Для этой цели создаётся специализированный программный комплекс, последовательно реализующий описанные в разделе 1 функции 3-х систем: *PhonoClonator* + *IntoClonator* + *ShapeEditor* [Лобанов, 2008]. С помощью этого программного комплекса произносимая учащимся в микрофон фраза анализируется и на основе анализа спектральных, мелодических и энергетических характеристик строится её УМП. Затем полученный УМП сравнивается с эталонным и по результатам сравнения

даётся оценка правильности интонирования произнесённой фразы, а также рекомендации по исправлению интонирования предъядра, ядра или заядра фразы.

Предложенный метод представления мелодического контура в виде УМП может найти также эффективное применение в различного рода сопоставительных лингвистических исследований интонации. Метод УМП позволяет получить более строгие оценки сходства или различия интонационных феноменов индивидуальности дикторского чтения, особенностей интонационных стратегий в исследуемых языках и их диалектах.

Литература

1. *Брызгунова Е. А. (1968)* Звуки и интонация русской речи / — Наука, М.
2. *Брызгунова Е. А. (1980)* Интонация // Русская грамматика / — Наука, М.
3. *Lobanov B. (1987)* The phonemophon text-to-speech system // International Congress of Phonetic Sciences: proc. of the 11-th seccion ICPHS'87, – Tallin,– V.1. – P. 120–124.
4. *Lobanov B. (2006)* Language- and Speaker Specific Implementation of Intonation Contours in Multilingual TTS Synthesis / Lobanov B., Tsiurulnik L., Zhadinets D., Karnevskaya E. // Speech Prosody: proceedings of the 3rd International conference. Dresden, Germany - Vol. 2. - P. 553-556.
5. *Лобанов Б. М. (2008)* Компьютерный синтез и клонирование речи / Б.М. Лобанов, Л.И. Цирульник // Белорусская Наука, Минск.
(См. также: http://www.pselab.ru/Books/Lobanov_Cirulnik_2008.pdf)
6. *Муханов И.Л. (1995)* Интонация в практике русской диалогической речи / Ойкумена, М.
7. *Одинцова И.В. (2011)* Звуки. Ритмика. Интонация. М.: Флинта-Наука, 2011.
8. *Янко Т.Е. (2008)* Интонационные стратегии русской речи в сопоставительном аспекте / Языки славянских культур, М.