

# Автоматическая расстановка пауз в системе синтеза русской речи по тексту

## Automatic pause placement in a Russian text-to-speech system

**Хомицевич О. Г.** (khomitsevich@speechpro.com),  
**Соломенник М. В.** (solomennik-m@speechpro.com)

ООО «Центр речевых технологий», Санкт-Петербург

В статье описывается алгоритм расстановки пауз в синтезированной речи (система синтеза речи VitalVoice), основанный на определении синтаксических связей слов в предложении. Рассматриваются результаты работы алгоритма на текстах разных типов и правильность паузации по сравнению с базовой системой синтеза речи, разработанной ранее.

### 1. Введение

Одной из важных задач при создании автоматического синтеза речи по тексту является расстановка пауз в синтезируемом тексте. Корректная паузация необходима для комфортности восприятия речи, а во многих случаях — и для правильного понимания смысла предложения. Значительная часть информации о паузах передается в тексте с помощью знаков препинания, однако могут встретиться и большие отрезки без всяких знаков, которые с трудом воспринимаются на слух при прочтении без пауз. С другой стороны, наличие знака препинания внутри предложения не всегда говорит о необходимости или возможности паузы. Таким образом, полноценная система синтеза речи по тексту нуждается в специальном алгоритме деления на синтагмы и расстановки пауз, который бы учитывал не только знаки препинания, но и лексический и синтаксический контекст. В статье будет рассмотрен алгоритм нахождения мест пауз в синтезируемом тексте, реализованный в системе синтеза русской речи «Vital Voice» [9] (разработка компании «Центр речевых технологий»)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Нахождение синтагматических границ в тексте не обязательно означает расстановку пауз на всех границах синтагм; однако, поскольку в нашей системе синтеза речи все интонационные границы снабжены паузами той или иной длины, в дальнейшем мы будем говорить о паузации и о синтагматическом членении, имея в виду один и тот же механизм.

### 2. Способы расстановки пауз в синтезированном тексте

Деление письменного текста на синтагмы может выполняться различными способами: применяются как статистические, так и детерминистские (основанные на наборе заранее заданных правил) подходы к данной задаче. Статистические способы выделения синтагм имеют достаточно высокую эффективность [2]; однако трудность применения их к русскому материалу заключается в том, что для тренировки статистической модели необходим достаточно большой текстовый корпус, размеченный интонационно и со снятой омонимией (в том случае, если при подсчете статистики применяются грамматические, например частеречные, характеристики слов). В то же время, механизмы, основанные на заранее заданных экспертами правилах, могут быть излишне жесткими и не поддающимися изменению и адаптации. Алгоритм паузации, использующийся в системе синтеза русской речи по тексту «Vital Voice», является детерминистским, то есть основан на правилах, разработанных на основании исследований закономерностей синтагматического членения в русском языке. Однако гибкость алгоритма обеспечивается доступностью основных правил паузации для редактирования разработчиком-лингвистом: правила могут быть с легкостью изменены при необходимости исправления обнаруженных ошибок или учета новых, ранее не рассматривавшихся случаев. Данная система

является развитием алгоритмов расстановки пауз, содержащихся в системе синтеза речи по тексту «Оратор» (разработка компании «Центр речевых технологий», 2005 г.) [6]. В ходе разработки новой системы анализа текста для синтеза речи исходный механизм расстановки пауз был существенно доработан, что привело к значительному повышению правильности расстановки пауз.

### 3. Основы рассматриваемой системы расстановки пауз

Система расстановки пауз, изначально разработанная в рамках системы синтеза речи по тексту «Оратор», включает в себя несколько этапов анализа текста для определения мест синтагматических границ. В первую очередь учитываются знаки препинания: в большинстве случаев, пунктуационные знаки соответствуют границам синтагм. При этом в исходной системе паузации «Оратора» имелось небольшое количество правил для тех случаев, когда, несмотря на наличие знаков пунктуации, пауза в определенном месте текста нежелательна или невозможна.

На следующем этапе происходит поиск возможных мест пауз в последовательностях слов, не разделенных знаками препинания. При этом анализируются только те отрезки, которые оказались длиннее критического значения (для системы паузации «Оратора» это пять слов). Кроме того, рассматривается небольшой список «неделимых» последовательностей слов (например, «так как»). При нахождении последовательности слов из этого списка, постановка паузы между ними невозможна.

Основой поиска возможных мест пауз между словами является исследование синтаксических связей слов. В то же время, работа системы основана на предположении, что для правильного деления предложения на синтагмы не нужно производить полный анализ синтаксической структуры: достаточно выделить самостоятельные группы слов, между которыми в принципе возможна постановка паузы, а внутри которых пауза маловероятна. Поиск таких групп слов осуществляется при помощи сопоставления словам синтаксических шаблонов — заранее заданных последовательностей частей речи и/или грамматических форм, соответствующих различным часто встречающимся в текстах словосочетаниям. При построении системы шаблонов учитываются следующие частеречные категории: личная форма глагола, инфинитив, существительное, полное и краткое прилагательное, наречие, предлог, (количественное) числительное, личное местоимение. Также учитываются грамматические характеристики слов: род, число, падеж и др., а также согласование между различными частями речи.

Дополнительные характеристики включают отдельные семантические признаки слов, а также возможность задания правила для конкретного слова. Набор шаблонов содержится в отдельных файлах, доступных для редактирования лингвистом. Ниже приводится пример шаблона:

$$V + I + PREP(\text{accord}=4) + N$$

Данное правило состоит из четырех элементов и применяется к последовательности, начинающейся с личной формы глагола, за которой следует инфинитив, далее предлог, согласованный с четвертым словом шаблона (существительным), и существительное. Этот шаблон будет найден, к примеру, в предложении «Представитель администрации президента предпочел воздержаться от комментариев на эту тему»: группа слов «предпочел воздержаться от комментариев» будет выявлена как объединенная синтаксическими связями.

Для каждого рассматриваемого слова ищутся все последовательности, которые начинаются с него в данном предложении. В итоге для всего рассматриваемого отрезка предложения (от одного знака препинания до другого) мы имеем набор частеречных групп, причем эти группы могут быть вложенными или пересекающимися. Очевидно, что нахождение максимального количества синтаксических связей в предложении еще не означает, что автоматически будет получена информация о потенциальных разрывах синтагм. Напротив, наиболее сложным элементом алгоритма является интерпретация полученного набора связей и поиск такой позиции, в которой разрыв синтагмы является наиболее вероятным. Таким образом, для правильности работы алгоритма важен как общий набор шаблонов, заданный в программе, так и механизм интерпретации полученного для конкретного предложения множества шаблонов.

В системе нахождения мест пауз, использовавшейся в программе синтеза речи «Оратор», производилась оценка возможности паузы внутри каждой пары слов в рассматриваемом отрезке предложения. В алгоритме принимались во внимание два основных фактора — длина группы и вес связи, который в свою очередь зависел от количества групп, в которые входят оба рассматриваемых слова, и количества групп, с которых начинается или на которые заканчивается каждое из слов. Более длинным группам присваивался больший вес, при этом существовали пороговые значения количества пересекающихся групп и их длины, при достижении которых разрыв становился невозможен.

Результаты работы алгоритма, приведенные в публикациях [4, 5, 8], демонстрируют достаточно высокий процент правильно определенных мест разрывов. Однако при разработке новой системы синтеза речи с высокими требованиями к есте-

ственности звучания возникла необходимость исправить имевшиеся у системы паузации недостатки и усовершенствовать ее. Так, распространенной проблемой системы паузации «Оратора» было недостаточное количество пауз в длинном отрезке текста по причине нахождения слишком большого количества длинных пересекающихся групп слов (на основе частеречных шаблонов). Однако простое ослабление условий постановки разрыва приводило к появлению множества ошибок на других предложениях. В связи с этим было решено изменить логику работы с шаблонами; новые принципы работы алгоритма изложены в следующей секции.

## 4. Новый алгоритм расстановки пауз

Усовершенствование алгоритма расстановки пауз в системе синтеза речи производилось по нескольким направлениям. Во-первых, логика деления отрезка предложения на паузы была изменена и сделана более гибкой. Во-вторых, были произведены количественные улучшения в алгоритме: дополнен набор элементов, рассматривающихся особым образом, а также сам набор частеречных шаблонов.

### 4.1. Учет веса групп

В текущем алгоритме паузации было решено отказаться от учета длины группы при определении возможного места разрыва. Это связано с тем, что длина шаблона, заданного в правилах, не всегда коррелирует с реальным количеством связанных между собой слов — их может быть значительно больше, и тогда группа вполне может распаться на две или более синтагмы. К тому же, степень близости синтаксической связи в той или иной группе зависит от ее состава, а не от длины. В этом смысле, алгоритм был упрощен: при определении места паузы учитывается только количество групп, в которые входят два соседних слова, но не длина этих групп.

Параметризация весов групп была вынесена из программной части алгоритма в сами файлы правил: внутри групп было выделено два типа синтаксической связи. Связь первого типа может быть разорвана, если соответствующая позиция между двумя словами будет определена как возможное место паузы; связь второго типа не может быть разорвана ни при каких обстоятельствах. К связям второго типа относятся, например, отношения между предлогом и существительным, согласованным определением и существительным, и т. п. Таким образом, при поиске возможного места паузы внутри группы слов, соответствующей частеречному шаблону, учитываются только позиции возможных разрывов, а позиции, соответствующие близкой синтаксиче-

ской связи, игнорируются. Это позволяет избежать наиболее грубых ошибок паузации, когда паузой разрываются тесно связанные друг с другом члены предложения.

### 4.2. Изменение состава частеречных шаблонов

Отладке подвергся также состав частеречных шаблонов, перенесенный в новую систему синтеза речи из старой. Изначально набор шаблонов был определен в ходе анализа большого объема текстов, в результате чего были выделены наиболее часто встречающиеся последовательности грамматических категорий. Однако повторяемость в тексте определенной последовательности членов предложения еще не означает, что такая последовательность не будет разрываться паузами. Так, вполне естественно звучит пауза между группой подлежащего и группой сказуемого, перед некоторыми видами предложных групп, даже несмотря на наличие синтаксической связи между соседними словами (ср.: «депутат областного парламента Сергей Иванов / перешел на работу к новому губернатору»; «дизайнер продемонстрировал солидарность / с британскими и американскими модельерами»). С учетом этого, из состава шаблонов были удалены те, которые часто разрываются паузой, либо в них ставилась связь первого типа (с возможностью разрыва).

С другой стороны, набор шаблонов был дополнен новыми видами связанных групп, встречающимися в текстах. Так, необходимым оказалось ввести значительное количество групп, отражающих дистанционные синтаксические отношения между словами в предложении (например, «довольный своей курсовой работой студент»). С помощью системы анализа текста, не предполагающей полного синтаксического разбора предложения, обнаружить синтаксические отношения между словами, не примыкающими друг к другу, крайне сложно, однако некоторые частотные случаи были зафиксированы в виде шаблонов, что позволило выделять их в потоке текста и учитывать при паузации.

### 4.3. Учет специальных случаев возможности или невозможности постановки пауз

Алгоритм с использованием частеречных шаблонов, несмотря на свою эффективность в учете синтаксических связей между словами, не позволяет учесть многие частные случаи возможности/невозможности синтагматического разрыва в определенных позициях. Отдельные алгоритмы были созданы для учета следующих конструкций и выражений:

- Однородные члены предложения (например, «пять, шесть или семь»);
- Вводные слова («например», «наверно», «в частности» и т. п.);
- Междометия («ну», «ах» и т. п.);
- Обращения (например, «Досвидания, господа»);
- Сложные предлоги, энклитики, послелого, союзы («несмотря на», «спустя», «уж», «бы» и т. п.);
- Обозначения дат, времени (например, «двадцатого мая две тысячи десятого года»);
- Неразрывные идиоматические последовательности («задом наперед», «бог весть» и т. п.)

В некоторых из вышеперечисленных случаев, постановка паузы в месте наличия запятой является неправильной (например, при выделении запятыми слова «пожалуйста» или «увы»). В других случаях, таких как идиоматические выражения, связь между словами не может быть описана с помощью частеречного шаблона и задается специально для конкретных слов.

#### 4.4. Примеры работы алгоритма

Рассмотрим примеры обработки предложения, не содержащего знаков препинания.

- (1) *По сравнению с предыдущими семью неделями рост несколько замедлился.*

В данном предложении системой обнаружения синтаксически связанных групп (шаблонов) будут найдены следующие группы: *по сравнению, предыдущими семью неделями, предыдущими семью, семью неделями, рост несколько затормозился, несколько затормозился*. При этом группы слов *предыдущими семью неделями, несколько затормозился* определяются как связанные близкой синтаксической связью (согласованное прилагательное и числительное с существительным; наречие с глаголом). Таким образом, они не могут быть разделены паузой. Кроме того, словосочетание «по сравнению с» будет неразрывно связано с последующим прилагательным, поскольку оно находится в списке сложных предлогов. Единственная пара слов, между которыми не нашлось никакой синтаксической связи, — «неделями рост». Между этими словами будет проставлена пауза.

за. Наглядная схема разбора предложения приведена на рис. 1 (частеречные шаблоны даны в крайнем правом столбце; связь первого типа, которая может быть разорвана, обозначена «+», связь второго типа (неразрывная) — «&»).

- (2) *Перезагрузка должна стать длительным усилием со стороны американского и российского народа.*

Для данного предложения обнаруживаются следующие группы слов, соответствующие частеречным шаблонам: *перезагрузка должна стать, должна стать, стать длительным усилием, стать длительным, длительным усилием, длительным усилием со стороны, усилием со стороны, со стороны, стороны американского и российского народа, американского и российского народа, американского и российского, российского народа*. Таким образом, между всеми словами предложения существует связь, определенная наличием соответствующего частеречного шаблона, и алгоритм должен решить вопрос, в каком месте связь может быть разорвана.

Из множества пар слов, которые могут быть разделены паузой, исключается *перезагрузка должна*, поскольку единственное слово, не выделенное знаками препинания, в текущем алгоритме не выделяется в отдельную синтагму. Далее, внутри ряда частеречных групп между словами задана неразрывная связь: *должна стать* (краткое прилагательное и инфинитив), *стать длительным* (вспомогательный глагол и прилагательное в твор.пад.), *длительным усилием, российского народа* (согласованное прилагательное и существительное), *со стороны* (предлог и существительное). Эти слова не могут быть разделены паузой. Также определяем как неразрывное сочетание *американского и российского* (однородные члены, соединенные союзом и). *Со стороны* определяется как принадлежащее к списку сложных предлогов и «связывается» с последующим прилагательным. В то же время внутри групп *усилием со стороны* и *дополнительным усилием со стороны* связь между существительным и предлогом определена как связь «первого» типа, которая может быть разорвана. Таким образом, алгоритм определяет пару слов *усилием со* как возможное место синтагматической границы. Между этими словами и будет поставлена пауза. Схема разбора приведена на рис. 2.



Рис. 1. Схема разбора предложения (1)

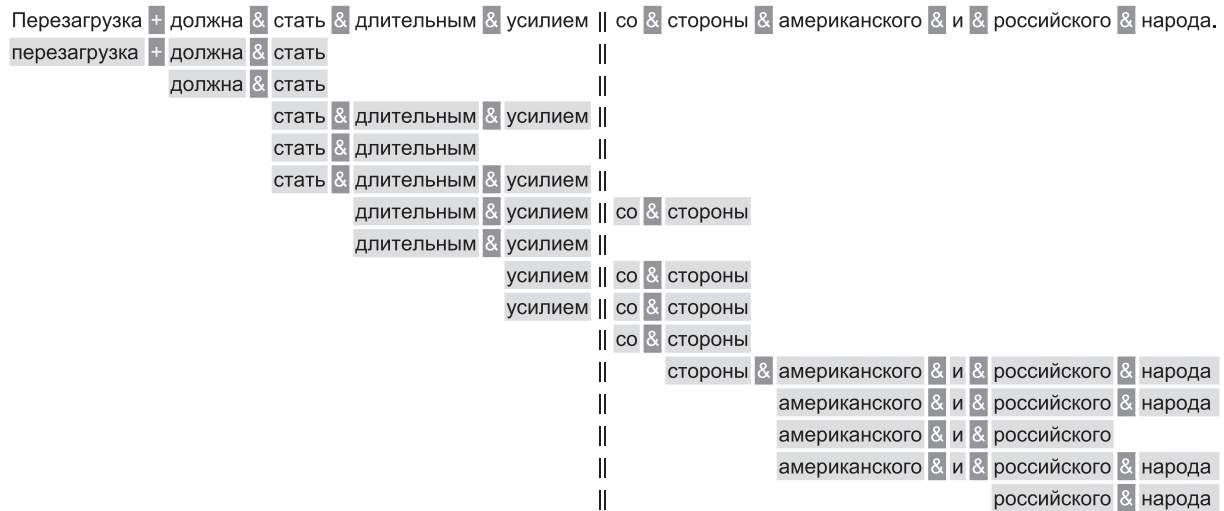


Рис. 2. Схема разбора предложения (2)

## 5. Результаты работы системы паузации

Оценка результатов работы алгоритма деления на синтагмы в текущей системе синтеза речи показывает улучшение по сравнению с результатами работы базовой системы паузации, реализованной в программе «Оратор». Следует отметить, что оценка правильности расстановки пауз в тексте сама по себе является сложной задачей, в первую очередь потому, что места постановки пауз не определены строго, и деление на синтагмы может сильно варьироваться у разных говорящих даже при чтении одного и того же предложения.

Для оценки адекватности работы алгоритма используются четыре параметра оценки, определенные в работах [1, 2]:

- правильность разрывов (BC=breaks correct) — отношение правильно определенных мест разрывов к общему количеству разрывов в тексте;
- правильность связей (JC=junctures correct) — правильность определения наличия/отсутствия разрыва для каждой пары слов;
- вставка разрыва (JI=juncture insertion) — «лишние» разрывы, вставленные алгоритмом;
- удаление разрыва (JD=juncture deletion) — разрывы, не найденные алгоритмом.

В публикации [5] приведены результаты тестирования системы «Оратор» по корпусу спонтанной речи. При этом сравнивалась правильность постановки пауз системой синтеза и реальные паузы, которые звучали в речи дикторов. В тексте, поданном на вход системы, были проставлены знаки препинания. Это облегчает задачу системы, поскольку она изначально ориентирована на текст, содержащий пунктуацию. В таблице 1 приведены результаты, опубликованные в [5], в сравнении с результатами,

полученными на аналогичном тесте для новой системы паузации. Таким образом, количество ошибочно поставленных пауз сократилось почти в два раза, при незначительном росте количества мест, оставленных без пауз.

Таблица 1. Сравнение результатов работы алгоритмов на материале корпуса разговорной речи INTAS [3]

	ЖС (%)	ВС (%)	ЛИ (%)	ЛД (%)
<b>Система «Оратор»</b>				
Среднее значение	92,05	78,12	4,08	3,87
Станд. откл.	1,49	5,50	1,24	1,10
<b>Система «VitalVoice»</b>				
Среднее значение	93,19	83,48	2,33	4,48
Станд. откл.	1,39	4,63	1,21	1,40

Описанная выше система оценки используется для разных типов алгоритмов (статистических и детерминистских); однако она не позволяет полностью учесть вариативность расстановки пауз, поскольку тексты, применяемые для тестирования, размечаются так, что допускают лишь наличие или отсутствие паузы в конкретном месте.

Наши исследования, проведенные на одних и тех же текстах, прочитанных разными дикторами, показали, что существует достаточно много мест (порядка 19 %) в которых наличие или отсутствие паузы жестко не определено. Это подтверждают и наблюдения других авторов [7]. Чтобы учесть эту вариативность, система оценки была модифицирована; места возможных пауз в текстах, на которых велось тестирование, были помечены тремя различными маркерами: обязательная пауза, обязательное место отсутствия паузы, возможное место паузы

(на основании постановки пауз разными дикторами). Таким образом, если пауза, сгенерированная системой, попадала в место возможной паузы, то эта пауза считалась правильной, также правильной считалась ситуация, если в месте возможной паузы пауза отсутствовала. Так как есть места, в которых наличие паузы факультативно, то и общее количество пауз в тексте определено в пределах от количества обязательных мест пауз до суммы обязательных мест пауз и возможных мест пауз. Поэтому параметр ВС не рассчитывается, а вместо него вводятся два дополнительных параметра СР — количество правильно поставленных пауз от общего количества проставленных пауз и СЛ — количество правильных мест без пауз от общего количества мест, оставленных без пауз.

В таблице 2 приведены результаты работы систем «Оратор» и «Vital Voice» на одном и том же художественном тексте с учетом необязательных мест пауз. Для анализа работы систем использовался текст Ю. Трифонова «Обмен», начитанный восьмью дикторами, что позволило сделать разметку теста для анализа всех возможных и обязательных мест пауз и их отсутствия. Данные таблицы показывают, что количество ошибочно поставленных пауз в новой системе паузации сократилось почти в два раза и почти в три раза сократилось количество мест, ошибочно оставленных без пауз.

**Таблица 2.** Результаты работы систем «Оратор» и «Vital Voice» с учетом необязательных мест пауз

ЖС (%)	СР (%)	СЛ (%)	ЛЛ (%)	ЛД (%)
<b>Система «Оратор»</b>				
97,88	98,84	97,57	1,84	0,28
<b>Система «VitalVoice»</b>				
98,90	99,59	98,68	1,00	0,10

В таблице 3 приведено сравнение работы систем на тексте новостей, с использованием разметки пауз, поставленных двумя разными дикторами. В данном случае при расчете учитывалось только два возможных значения — пауза есть и пауза отсутствует. Сравнение этих данных с таблицей 1 говорит о том, что тексты новостей являются более сложными для правильной расстановки пауз. Возможно, это связано с тем, что в таком тексте содержатся большие отрезки без знаков препинания, а также большое количество слов, не содержащихся в словаре, грамматические характеристики которых неизвестны системе. Тем не менее, для новой системы паузации количество ошибочно поставленных пауз сократилось в полтора раза и в среднем на 15% сократилось количество мест, ошибочно оставленных без пауз.

**Таблица 3.** Сравнение работы систем для новостей, начитанных разными дикторами

	ЖС (%)	ВС (%)	ЛЛ (%)	ЛД (%)
<b>Система «Оратор»</b>				
Диктор 1	86,58	65,14	5,39	8,03
Диктор 2	87,96	69,60	5,56	6,48
<b>Система «VitalVoice»</b>				
Диктор 1	89,59	70,03	3,47	6,94
Диктор 2	90,59	73,98	3,83	5,57

## 6. Проблемы и задачи для дальнейшей работы

Применение существующего алгоритма расстановки пауз связано с некоторыми ограничениями, которые могут приводить к ошибкам паузации. Так, отсутствие полного синтаксического анализа предложения обеспечивает более гибкий подход к анализу отдельных частей предложения; как правило, частичного синтаксического анализа бывает достаточно, по крайней мере, для определения мест, где пауза невозможна. Однако некоторые дистанционные синтаксические отношения невозможно определить без более глубокого анализа; также не учитывается взаимное расположение выделенных синтаксических групп, которое в некоторых случаях может влиять на паузацию.

Зачастую ошибки, обнаруживающиеся в работе алгоритма паузации, связаны с распространенной в языке синтаксической неоднозначностью, являющейся проблемой для любого вида синтаксического анализа. Например, неоднозначность присоединения предложных групп может вести к неадекватной паузации перед предлогом (пауза, как правило, нежелательна, если предложная группа относится непосредственно к предшествующему слову, но может быть поставлена, если группа относится к другому слову, отделенному от предлога, ср: «Люксембург поддерживает кандидатуру России / (?) для вступления / (?) во Всемирную торговую организацию»). Такого рода неоднозначность не может быть разрешена в рамках имеющегося алгоритма, так как он определяет синтаксические отношения только в пределах отдельного частеречного шаблона; кроме того, для альтернативных грамматических характеристик могут быть применены разные шаблоны, причем выбор между такими конфликтующими шаблонами не может быть осуществлен из-за отсутствия анализа синтаксической структуры на более высоких уровнях. (Следует заметить, что часть синтаксической неоднозначности снимается в системе синтеза речи

на предыдущем этапе разбора, при снятии омонимии/омографии).

Дальнейшее развитие алгоритма должно включать в себя отладку количества и состава частеречных шаблонов, а также оптимизацию обработки сложных случаев членения предложения на синтагмы при наличии таких элементов, как вводные слова, обращения и др. Для качественного улучшения снятия синтаксической неоднозначности будет необходимо обращение к более глубокому синтаксическому анализу.

## 7. Выводы и заключение

В статье был описан алгоритм деления письменного текста на синтагмы, использующийся в системе синтеза речи, которая была разработана компанией «Центр речевых технологий». По сравнению с базовой системой синтеза речи, разработанной ранее, алгоритм был усовершенствован и показывает повышение правильности паузации. Использование алгоритма в системе синтеза речи обеспечивает естественность и комфортность восприятия синтезируемой речи. В статье также предложен метод оценки правильности расстановки пауз с учетом необязательных мест пауз.

## Литература

1. *Atterer M.* Assigning Prosodic Structure for Speech Synthesis: A Rule-based Approach // Proc. of Prosody 2002, Aix-en-Provence. P. 147–150.
2. *Black A. W., Taylor P.* Assigning phrase breaks from part-of-speech sequences // Computer Speech & Language, Volume 12, Number 2, April 1998. New York: Academic Press — P. 99–117.
3. *Bondarko L. V.* [et al.] Phonetic Properties of Russian Spontaneous Speech // Proceedings of the 15th ICPhS. Barcelona, Spain — 2003. P. 2973–2976.
4. *Oparin I.* Flexible rule-based breaks assignment for Russian // SPECOM 2005 proceedings: 10th international conference Speech and computer: 17–19 October, 2005. Patras, Greece. — Moscow: Moscow State Linguistics University, 2005. — P. 293–296.
5. *Oparin I.* Robust rule-based method for automatic break assignment in Russian texts // Text, speech and dialogue: 8th international conference, TSD 2005: Karlovy Vary, Czech Republic, September 12–15, 2005 : proceedings. — Berlin: Springer, 2005. P. 356–363.
6. *Вольская Н.* и др. Синтезатор русской речи по тексту нового поколения // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды международной конференции «Диалог'2005» (Звенигород, 1–6 июня, 2005 г.). Под ред. И. М. Кобозевой, А. С. Нариньяни, В. П. Сеlegeя. М.: Наука, 2005. С. 234–237.
7. *Кривнова О. Ф., Чардин И. С.* Паузирование в естественной и синтезированной речи. — Донецк, 2002. — <http://www.russian.slavica.org/article9348.html>.
8. *Опарин И. В.* Автоматическое интонационное членение для решения прикладных задач // Интегральное моделирование звуковой формы естественных языков. СПб., 2005. С. 54–64.
9. *Система синтеза русской речи по тексту VitalVoice:* <http://vitalvoice.speechpro.com/>.