

## Состояние и перспективы развития методов генерации и определения форм слов и обработки количественных числительных естественных языков

А. В. Пруцков

Рязанский государственный радиотехнический университет  
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1

e-mail: [mail@prutzkow.com](mailto:mail@prutzkow.com)

*Аннотация.* В 2009 г. были опубликованы две статьи, заложившие основы трех направлений исследований: метода генерации и определения форм слов, метода обработки количественных числительных и линейных нормальных алгоритмов. С момента публикации прошло 10 лет. Цель работы – представить текущее состояние этих направлений исследований, современный взгляд на них, который является результатом десятилетнего переосмысления, и дальнейшие исследования. По каждому направлению представлено краткое описание, существенные отличия от аналогичных подходов и дальнейшие исследования. Метод генерации и определения форм слов позволяет в отличие от аналогов обрабатывать формы слов естественных языков различных групп и семейств. Дальнейшие исследования в этом направлении состоят в повышении скорости определения форм слов и наполнении словарей. Метод обработки количественных числительных отличается использованием перевода с промежуточным представлением. Его дальнейшие исследования связаны с увеличением числа языков для перевода. С помощью линейных нормальных алгоритмов были разработаны алгоритмы решения задач обращения и удвоения с линейной трудоемкостью. Дальнейшие исследования направлены на выявление других ограничений алгоритмических моделей. Полученные научные результаты легли в основу докторской и кандидатской диссертаций.

*Ключевые слова:* автоматическая обработка текстов, генерация и определение форм слов, обработка количественных числительных, модификации нормальных алгоритмов Маркова, линейные нормальные алгоритмы.

### 1. Введение

Несмотря на существование моделей представления знаний, знания, накопленные человечеством, хранятся в виде текстов. Поэтому автоматическая обработка текстов актуальна.

В 2009 году были опубликованы две статьи [1, 2], в которых были представлены три направления исследований в областях автоматической обработки текстов и теории алгоритмов:

- 1) метод генерации и определения форм слов естественных языков;
- 2) метод обработки количественных числительных естественных языков;
- 3) линейные нормальные алгоритмы.

Прошло 10 лет с публикации этих статей. Необходимо подвести итоги и представить дальнейшие исследования по перечисленным направлениям.

Цель работы — представить текущее состояние перечисленных направлений исследований, современный взгляд на них, который является результатом десятилетнего переосмысления, и дальнейшие исследования.

Рассмотрим каждое направление исследований по следующему плану:

1. Краткое описание и текущее состояние (с историей появления и существенными отличиями от аналогичных подходов).
2. Дальнейшие исследования.

## **2. Метод генерации и определения форм слов естественных языков**

### **2.1. Краткое описание и текущее состояние**

Одним из методов морфологического анализа форм слов естественного языка является метод, предложенный Г. Г. Белоноговым [3]. Метод основан на словесно-парадигматической модели морфологии (Word-and-Paradigm) [4] и описывает формообразование слов русского языка.

При знакомстве с этим методом на лекциях в студенческие годы возник вопрос: как модифицировать этот метод, чтобы он позволял анализировать словоформы не только русского языка, но и других языков? Модификация, названная методом генерации и определения форм слов, была направлена на замену конкретных преобразований словоформы, используемых в методе, на абстрактные. Для абстрактных преобразований должны быть объявлены характерные черты и свойства. Были сформулированы следующие свойства абстрактных преобразований [1]:

- 1) однозначность результата: преобразование всегда приводит к одному и тому же результату;
- 2) обратимость действия: применение к строке прямого, а затем обратного преобразований не изменяет ее.

Использование абстрактных преобразований позволило получить следующие результаты:

1. Сделать алгоритмы морфологического синтеза и анализа форм слов (названные в работе [1] генерацией и определением словоформ соответственно) независимыми от конкретного естественного языка. В случае специфических морфологических явлений в языке необходимо ввести новое преобразование, обладающее перечисленными свойствами.

2. Доказать, что получение любой грамматической формы любого языка (даже не естественного) с морфологией можно представить в виде последовательности преобразований, что означает универсальность метода.

Также была показана применимость для морфологии русского, английского, испанского, немецкого и финского языков, которые относятся к различным группам и семействам.

Понятие преобразования, последовательности преобразований (названной цепочкой преобразований) и их свойств стали основой модели формообразования [5].

Другим представлением метода генерации и определения является поиск решений этих задач в пространстве словоформ (рис. 1) [6]. Типы формообразований представляют собой графы. Вершинами графа являются основа, промежуточные формы и словоформы. Дугами графа являются преобразования. Решение задачи генерации заключается в выборе графа и пути в нем для получения словоформы. Решение задачи определения заключается в переборе графов и путей в них, которые позволяют пройти от формы слова к основе.

Впервые метод генерации и определения форм слов был опубликован в 2004 г. [7]. Однако окончательный вид он принял именно в статье 2009 г. [1].

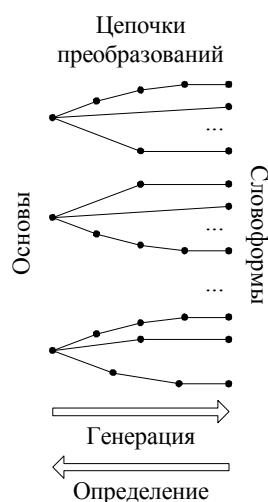


Рисунок 1. Представление задач генерации и определения в виде графов в пространстве словоформ [6]

Сравнительный анализ методов морфологического анализа [8] и моделей морфологии [9] показал, что в отличие от других методов и моделей предложенный метод и модель формообразования позволяют решать следующие задачи за счет единообразного описания морфологии естественного языка:

- 1) морфологического анализа и синтеза словоформ естественных языков различных групп и семейств;
- 2) обработки слов с полной и неполной парадигмами, супплетивизма, слов-исключений;
- 3) хранение слов в словарях без необходимости их конвертации для анализа или синтеза.

Метод генерации и определения форм слов может применяться не только в системах автоматической обработки форм слов, но и в автоматизированных системах обучения морфологии [10].

## **2.2. Дальнейшие исследования**

Дальнейшие исследования ведутся в двух областях:

1. Увеличение скорости определения словоформ. С помощью разработанного способа представления лингвистических знаний для языков с постфиксным словоизменением удалось повысить скорость определения словоформ до 1,5 раза [11]. Результаты исследований легли в кандидатскую диссертацию Алексея Константиновича Розанова [12].

2. Наполнение словарей и автоматизация этого процесса. Наполнение словарей предполагает классификацию слов и описание получения словоформ с помощью цепочек преобразований. Однако этот процесс трудоемкий, что требует его автоматизации. Ведутся следующие исследования:

- автоматизация классификации слов для заполнения словарей [13];
- классификация слов испанского языка [14];
- классификация слов таджикского языка [15].

Предложенный метод используется и другими исследователями [16].

## **3. Метод обработки количественных числительных естественных языков**

### **3.1. Краткое описание и текущее состояние**

Наиболее перспективным подходом к машинному переводу является перевод через промежуточное представление или трансфер. Текст на исходном естественном языке преобразуется в промежуточное представление, а затем из промежуточного представления преобразуется в текст на результирующем языке. Промежуточное

представление в машинном переводе известно в большей мере в теории, а на практике оно распространение не получило. Причиной такого положения является то, что промежуточное представление должно формально описывать смысл текста. Из-за отсутствия практически применимых подходов к формальному описанию смысла машинный перевод через промежуточное представление в современных системах не используется.

Однако если ограничить множество слов естественного языка, то машинный перевод через промежуточное представление возможно реализовать практически. Для реализации этого вида машинного перевода естественный язык был ограничен количественными числительными и для их перевода был предложен метод обработки количественных числительных [2]. Промежуточное представление, названное трехуровневой моделью числительного (рис. 2), было результатом обобщения правил образования количественных числительных русского, английского, испанского, немецкого и финского языков. Алгоритмы преобразования количественных числительных «язык — модель» и «модель — язык» были формализованы нормальными алгоритмами Маркова [17].

Использование перевода с промежуточным представлением позволило увеличить количество направлений перевода и упростить добавление числительных новых языков.

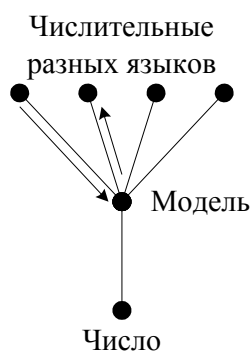


Рисунок 2. Схема преобразования числительных и чисел через модель [2]

Метод обработки количественных числительных был реализован в виде Интернет-приложения [18] совместно с Дмитрием Михайловичем Цыбулько. Интернет-приложение используется по всему миру (рис. 3), в том числе и в более 100 университетах США и других стран [19]. Анализ работы Интернет-приложения, включая доли направлений перевода, страны, в которых живет наибольшее число пользователей Интернет-приложения, представлен в [19–21]. При анализе исполь-

зовалось программное обеспечение для обработки журналов работы Интернет-приложения [22].

Одним из модулей Интернет-приложения является модуль проверки знаний правил образования количественных числительных. Модуль генерирует вопросы по переводу количественных числительных с одного языка на другой, задает их пользователю и выдает ответы пользователя и правильные ответы.

Интернет-приложение использовалось в инструментарии экспертной сети для переводчиков My-Polyglot.

### 3.2. Дальнейшие исследования

При вводе количественных числительных или чисел в Интернет-приложении пользователи делают ошибки, на которые необходимо выбрать адекватную реакцию. Для решения этой задачи разрабатывается метод описания и выявления ошибочных действий пользователей Интернет-приложения на основе фреймов [23].



Рисунок 3. Последние 200 посетителей Интернет-приложения на 11 августа 2014 г. (данные получены с помощью счетчика посетителей Statcounter.com) [19]

## 4. Линейные нормальные алгоритмы

### 4.1. Краткое описание и текущее состояние

Это направление исследований появилось при разработке метода обработки количественных числительных естественных языков. Как было указано выше, алгоритмы преобразования числительных были описаны с помощью нормальных алгоритмов Маркова. При разработке алгоритмов преобразования количественных числи-

тельных трудоемкость некоторых из них оказалась больше, чем ожидалась. Уменьшить трудоемкость не удалось из-за ограничения нормальных алгоритмов Маркова. Поэтому возникли вопросы: что это за ограничение и как его обойти?

В алгоритмах используются три типа передачи управления следующей командой: следование, ветвление и цикл. Однако в нормальных алгоритмах Маркова существуют только два типа: ветвление и цикл. Следование было добавлено в предложенную модификацию нормальных алгоритмов [2]. Эта модификация была названа линейными нормальными алгоритмами [24].

Впервые был получен порядок трудоемкости линейных нормальных алгоритмов решения задач обращения и удвоения, совпадающий с порядком трудоемкости этих задач, в отличие от нормальных алгоритмов Маркова и их модификаций [25]. В отличие от обобщенных алгоритмов Н. М. Нагорного [26] линейные нормальные алгоритмы содержат следование в явном виде.

Необходимо отметить, что линейные нормальные алгоритмы были не целью исследования, а инструментом для достижения цели (как и нормальные алгоритмы Маркова).

#### **4.2. Дальнейшие исследования**

В ходе последних исследований в этом направлении было показано, что обобщенные алгоритмы Н. М. Нагорного являются наиболее общей модификацией нормальных алгоритмов Маркова среди рассмотренных в работе [27].

### **5. Заключение**

Направления исследований, опубликованные в статьях [1, 2], их существенные отличия от аналогичных подходов и дальнейшие исследования представлены в таблице. Методы генерации и определения форм слов и обработки количественных числительных, а также линейные нормальные алгоритмы были реализованы в программных системах [28].

По этим направлениям исследований защищены докторская диссертация в 2015 г. [29] и кандидатская диссертация в 2017 г. [12].

По мере получения новых научных результатов области исследований будут расширяться.

Таблица 1. Новизна и развитие исследований

Направление исследований	Существенные отличия от аналогичных подходов	Дальнейшие исследования
Метод генерации и определения форм слов	Возможность решения задачи генерации и определения для естественных языков различных групп и семейств	1. Повышение скорости определения форм слов 2. Наполнение словарей для различных естественных языков
Метод обработки количественных числительных	Перевод через промежуточное представление	Разработка алгоритмов преобразования числительных «язык — модель» и «модель — язык» для новых языков, реализация их в Интернет-приложении
Линейные нормальные алгоритмы	Выявление ограничения нормальных алгоритмов Маркова. Явная реализация следования. Впервые был получен порядок трудоёмкости алгоритмов решения задач обращения и удвоения, совпадающий с порядком трудоёмкости этих задач	Исследование алгоритмических моделей и выявление их ограничений

## Литература

- [1] Пруцков А.В. Генерация и определения форм слов естественных языков на основе их последовательных преобразований // *Вестник РГРТУ*, 2009. № 27. С. 51–58.
- [2] Пруцков А.В. Обработка числительных естественных языков с помощью формальных грамматик и нормальных алгоритмов Маркова // *Вестник РГРТУ*. 2009. № 28. С. 49–55.
- [3] Белоногов Г. Г., Богатырев В. И. Автоматизированные информационные системы / под ред. К. В. Тараканова. — М.: Сов. радио, 1973.
- [4] Matthews P. H. Some Concepts in Word-and-Paradigm Morphology // *Foundations of Language*. 1965. Vol. 1. No. 4. P. 268–289.
- [5] Пруцков А. В. Алгебраическое представление модели формообразования естественных языков // *Cloud of Science*. 2014. Т. 1. № 1. С. 88–97.
- [6] Пруцков А. В., Пылькин А. Н. Информационная система с использованием поиска решений задач генерации и определения в пространстве словоформ // *Вестник РГРТУ*. 2011. № 36. С. 39–43.
- [7] Пруцков А. В. Морфологический анализ и синтез текстов посредством преобразований форм слов // *Вестник РГРТА*. 2004. № 15. С. 70–75.
- [8] Пруцков А. В., Розанов А. К. Методы морфологической обработки текстов // *Практический журнал: управление и высокие технологии*. 2014. № 3 (27). С. 119–133.
- [9] Пруцков А. В. Математико-алгоритмическая формализация моделей морфологического анализа и синтеза словоформ естественных языков // *Cloud of Science*. 2018. Т. 5. № 4. С. 729–748.



- [10] Пруцков А. В. Статический и динамический подходы к проектированию подсистем проверки знаний автоматизированных обучающих систем // *Информационные ресурсы России*. 2006. № 1 (89). С. 8.
- [11] Розанов А. К. Быстрый алгоритм анализа словоформ естественного языка с трехуровневой моделью словаря начальных форм // *Cloud of Science*. 2016. Т. 3. № 1. С. 115–124.
- [12] Розанов А. К. Математическое, алгоритмическое и программное обеспечение автоматического предсинтаксического анализа текста в системах управления базами лингвистических знаний: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.11. — Рязань: РГРТУ, 2017. 117 с.
- [13] Шустов А. С. Метод автоматической классификации слов естественных языков // *Математические методы в технике и технологиях — ММТТ-2015: материалы конф: в 10 т. Т. 9.* — Рязань: РГРТУ, 2015. С. 270–273.
- [14] Епифанцев А. А. Классификация слов испанского языка для Интернет-приложения для морфологической обработки слов естественных языков // *Студенческое научное сообщество: исследования и инновации: материалы междунар. акад. форума.* — Семей: Казах. гум.-юр. инновац. ун-т, 2015. С. 81–84.
- [15] Мадибрагимов Н. Компьютерные модели формообразования слов и их применение для описания морфологии таджикского языка // *Современные технологии в науке и образовании — СТНО-2018: сб. тр. междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т. 3 / под общ. ред. О. В. Миловзорова.* — Рязань : РГРТУ, 2018. С. 65–68.
- [16] Борисова Н. В., Оліфенко І. В. Розробка інформаційної системи автоматизованої лематизації дієслів німецької мови // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, Ч. I / за ред. проф. Сокола Є. І.* — Харків, НТУ «ХПІ», 2016. С. 8.
- [17] Марков А. А., Нагорный Н. М. Теория алгоритмов. — М. : Наука, 1984.
- [18] Пруцков А. В., Цыбулько Д. М. Интернет-приложение метода обработки количественных числительных естественных языков // *Вестник РГРТУ*. 2012. № 41. С. 70–74.
- [19] Пруцков А. В., Цыбулько Д. М. Теоретико-множественное представление метода обработки количественных числительных естественных языков и особенности их перевода в различных странах // *Вестник РГРТУ*. 2014. № 50-2. С. 69–75.
- [20] Пруцков А. В., Цыбулько Д. М. Анализ статистики использования Интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков // *Вестник РГРТУ*. 2013. № 46-1. С. 130–134.
- [21] Prutzkow A. Interlingua-Based Numeral Translation in Web-Application with Knowledge-Testing // *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*. 2017. Vol. 33. P. 290–298.
- [22] Музалев А. А. Реализация программной системы для анализа журналов учета Интернет-запросов // *Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах*

- телекоммуникаций: материалы 18-й Междунар. науч.-техн. конф. — М. : Горячая линия — Телеком, 2015. С. 181–183.
- [23] Епифанцев А. А. Разработка фреймов для описания и выявления ошибочных действий пользователей Интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков // Современные технологии в науке и образовании — СТНО-2018: сб. тр. междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т. 4. под общ. ред. О. В. Миловзорова. — Рязань : РГРТУ, 2018. С. 54–58.
- [24] Пруцков А. В. Линейные нормальные алгоритмы // Вестник РГРТУ. 2010. № 33. С. 39–45.
- [25] Цветков И. А. Самомодифицируемый алгоритм, обобщающий нормальный и самополняемые алгоритмы Маркова // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Пылькина. — Рязань: РГРТА, 2005. С. 50–56.
- [26] Нагорный Н. М. Некоторые обобщения понятия нормального алгоритма // Тр. матем. ин-та АН СССР им. В. А. Стеклова. 1958. Т. 52. С. 66–74.
- [27] Пруцков А. В. Наиболее общая модификация нормальных алгоритмов Маркова // Cloud of Science. 2018. Т. 5. № 1. С. 74–85.
- [28] Пруцков А. В., Розанов А. К. Программное обеспечение методов обработки форм слов и числительных // Вестник РГРТУ. 2011. № 38. С. 78–82.
- [29] Пруцков А. В. Модели, методы и программы автоматической обработки форм слов в естественно-языковых интерфейсах: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.11. — Рязань, РГРТУ, 2015. 279 с.

**Автор:**

Александр Викторович Пруцков — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика», Рязанский государственный радиотехнический университет

---

## State and prospects of the methods of natural language word-form generation and recognition and cardinal numeral processing

A. V. Prutzkow

Ryazan State Radio Engineering University, Gagarin str., 59/1, Ryazan, Russian Federation, 390005  
e-mail: mail@prutzkow.com

*Abstract.* In 2009, we have published two papers that laid the foundation for three subjects of study: a method of word-form generation and recognition, a method of cardinal numeral processing and linear normal algorithms. 10 years have passed since the publication. The purpose of the study is to present the current state of these subjects of study, a modern look at them, which is the result of a decade-long rethinking and further research. For each subject brief description, significant differences from similar approaches and further research have been

presented. The method of word-form generation and recognition allows, unlike analogs, to process the word-forms of natural languages of various groups and families. Further research in this direction is to increase word-form recognition speed and to fill dictionaries in. The method of cardinal numeral processing differs from similar ones by interlingua-based translation. Its further research is the extension of the number of translating languages. With the help of linear normal algorithms there were complex algorithms for solving problems of reverse and doubling with linear complexity. Further research aimed at discovering other limitations of algorithmic models. The scientific results formed the basis of doctor's and master's theses.

*Keywords:* natural language processing, word-form generation and recognition, cardinal numeral processing, modification of Markov's normal algorithms, linear normal algorithms.

## References

- [1] Prutzkow A. V. (2009) *Vestnik RGRTU*, 27:51–58. [In Rus]
- [2] Prutzkow A. V. (2009) *Vestnik RGRTU*, 28:49–55. [In Rus]
- [3] Belonogov G. G., Bogatyrev V. I. (1973) *Avtomatizirovannye informacionnye sistemy*. Moscow [In Rus]
- [4] Matthews P. H. (1965) *Foundations of Language*, 1(4):268–289.
- [5] Prutzkow A. V. (2014) *Cloud of Science*. 1(1):88–97. [In Rus]
- [6] Prutzkow A. V., Pyl'kin A. N. (2011) *Vestnik RGRTU*, 36:39–43. [In Rus]
- [7] Prutzkow A. V. (2004) *Vestnik RGRTA*, 15:70–75. [In Rus]
- [8] Prutzkow A. V., Rozanov A. K. (2014) *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* (27):119–133. [In Rus]
- [9] Prutzkow A. V. (2018) *Cloud of Science*, 5(4):729–748. [In Rus]
- [10] Prutzkow A. V. (2006) *Informatsionnye resursy Rossii*, (89):8. [In Rus]
- [11] Rozanov A. K. (2016) *Cloud of Science*, 3(1):115–124. [In Rus]
- [12] Rozanov A. K. (2017) *Matematicheskoye, algoritmicheskoye i programmnoye obespecheniye avtomaticheskogo predsintaksicheskogo analiza teksta v sistemakh upravleniya bazami lingvisticheskikh znaniy*. Tesis. Ryazan. [In Rus]
- [13] Shustov A. S. (2015) *Metod avtomaticheskoy klassifikatsii slov estestvennykh yazykov*. In *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyah — MMTT-2015: materialy konf. Vol. 9*. Ryazan. P. 270–273. [In Rus]
- [14] Yepifantsev A. A. (2015) *Klassifikatsiya slov ispanskogo yazyka dlya Internet-prilozheniya dlya morfologicheskoy obrabotki slov yestestvennykh yazykov*. In *Studencheskoe nauchnoe soobshchestvo: issledovaniya i innovatsii: materialy mezhdunar. akad. foruma. Semej*. P. 81–84. [In Rus]
- [15] Madibragimov N. (2018) *Komp'yuternyye modeli formoobrazovaniya slov i ikh primeneniye dlya opisaniya morfologii tadzhikskogo yazyka*. In *Sovremennyye tekhnologii v nauke i obrazovanii — STNO-2018: sb. tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. foruma. Vol. 3*. Ryazan', RGRTU. P. 65–68. [In Rus]
- [16] Borysova N. V., Olifenko I. V. (2016) *Rozrobka informatsiyoi systemy avtomatyzovanoi lematyzatsiyi diyestiv nimets'koyi movy*. In *Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: Tezi dopovidej XXIV mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii*, Vol. I. Kharkiv, NTU “XPII”. P. 8. [In Rus]
- [17] Markov A. A., Nagornyy N. M. (1984) *Teoryya alhoryfmov*. Moscow, Nauka. [In Rus]
- [18] Prutzkow A. V., Tsybul'ko D. M. (2012) *Vestnik RGRTU*, 41:70–74. [In Rus]
- [19] Prutzkow A. V., Tsybul'ko D. M. (2014) *Vestnik RGRTU*, 50-2:69–75. [In Rus]
- [20] Prutzkow A. V., Tsybul'ko D. M. (2013) *Vestnik RGRTU*, 46-1:130–134. [In Rus]
- [21] Prutzkow A. (2017) *Interlingua-Based Numeral Translation in Web-Application with Knowledge-Testing*. In *the European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*, 33:290–298.
- [22] Muzalev A. A. (2015) *Realizatsiya programmnoy systemy dlya analiza zhurnalov ucheta Internet-zaprosov*. In *Problemy peredachi i obrabotki informatsii v setyah i sistemah telekommunikatsij: materialy 18-j Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow, Goryachaya liniya — Telekom*. P. 181–183. [In Rus]
- [23] Yepifantsev A. A. (2018) *Razrabotka freymov dlya opisaniya i vyyavleniya oshibochnykh deystviy pol'zovateley Internet-prilozheniya obrabotki kolichestvennykh chislitel'nykh yestestvennykh yazykov*. In *Sovremennyye tekhnologii v nauke i obrazovanii — STNO-2018: sb. tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. Foruma. Vol. 4*. Ryazan, RGRTU, P. 54–58. [In Rus]
- [24] Prutzkow A. V. (2010) *Vestnik RGRTU*, 33:39–45. [In Rus]

- [25] Tsvetkov I. A. (2005) *Samomodifitsiruyemyy algoritm, obobshchayushchiy normal'nyy i samopolnyayemyye algoritmy Markova*. In *Matematicheskoe i programnoye obespechenie vychislitel'nyh sistem: mezhvuz. sb. nauch. tr. Ed: A. N. Pylkin*. Ryazan. P. 50–56. [In Rus]
- [26] Nagornyy N. M. (1958) *Tr. matem. in-ta AN SSSR im. V. A. Steklova*. 52:66–74. [In Rus]
- [27] Prutzkow A. V. (2018) *Cloud of Science*. 5(1):74–85. [In Rus]
- [28] Prutzkow A. V., Rozanov A. K. (2011) *Vestnik RGRU*, 38:78–82. [In Rus]
- [29] Prutzkow A. V. (2015) *Modeli, metody i programmy avtomaticheskoy obrabotki form slov v yestestvenno-yazykovykh interfeysakh. Tesis*. Ryazan. [In Rus]