

---

**МОДЕЛИ ЯЗЫКА – МОДЕЛЬ СКЛОНЕНИЯ СЛОВСОЧЕТАНИЙ**

---

Демонстрируется механизм моделирования естественного языка средствами и методами алгебры предикатов: строится математическая модель склонения словосочетаний русского языка, являющаяся композицией моделей склонения регулярных имен существительных, полных непряжательных и притяжательных имен прилагательных. Для соединения моделей склонения отдельных частей речи используется метод композиции моделей, формализованных посредством алгебры предикатов, по набору переменных.

**Введение.** Совершенствование развития машинной обработки естественно-языковой информации является одной из важнейших задач компьютеризации и информатизации [1]. Попытки решить проблему полноценной обработки информации, представленной на естественном языке, путем составления специально предназначенных для этого компьютерных программ, наталкиваются на значительные трудности. Эти попытки предпринимались на протяжении более 50 лет, объемы выполняемых работ катастрофически растут, а до полноценной обработки информации еще очень далеко. Это наглядно видно на качестве современного машинного перевода, распознавания рукописного текста и звучащей речи. По-прежнему крайне ограничены возможности общения человека с компьютером на естественном языке. [2]

Решение этих задач существенно сдерживается недостаточной глубиной формального описания механизмов языка. Компьютер – это математическая машина, в нем не удастся привести в действие неформализованные знания о языке, которыми располагает лингвистика [3]. Если из анализа языка удастся извлечь более доскональный алгебраический язык, это значительно увеличит возможности разработчиков информационных систем, новых информационных технологий [4]. В 80-х годах был создан такой математический аппарат, он получил название алгебра предикатов. С помощью данного аппарата были математически описаны механизмы склонения отдельных частей речи русского языка: склонение полных непряжательных [3] и притяжательных [5] имен прилагательных, имен существительных субстантивного склонения [6], глаголов [7]. В данной работе представлена математическая модель склонения словосочетаний русского языка, являющаяся композицией моделей склонения регулярных имен существительных, полных непряжательных и притяжательных имен прилагательных.

*Цель работы* – построить модель склонения словосочетаний. Для достижения поставленной цели следует решить такие задачи: 1) исследовать соответствующий лингвистический материал; 2) задать математическое описание моделей склонения регулярных имен существительных, полных непряжательных и притяжательных имен прилагательных; 3) применить метод композиции моделей, формализованных с помощью алгебры предикатов, по набору переменных к построению модели склонения словосочетаний.

### **1. Склонение регулярных имен существительных, полных непряжательных и притяжательных имен прилагательных**

Процесс склонения имен в грамматиках [8, 9] представляется с помощью *парадигматической* таблицы. В ее ячейках указаны формы слова в зависимости от контекста, в который оно помещено. Тип влияния контекста на окончание слова определяется только значениями грамматических признаков: рода, числа, падежа, признаков одушевленности и архаичности словоформы. Ячейки таблицы пронумерованы таким образом, чтобы каждому типу соответствовало в точности одно имя. В работах [3,5,6] отмечено 28 типов склонения для регулярных имен существительных и полных имен прилагательных.

Существуют слова, которые склоняются по-разному, но многие же слова склоняются однотипно. Все слова одного типа склонения имеют парадигматические таблицы с одними и теми же окончаниями. Всего имеется одиннадцать типов склонения регулярных имен существительных [6], семь типов склонения полных непряжательных имен прилагатель-

ных [3] и четыре типа склонения притяжательных имен прилагательных [5]. У притяжательных и непритяжательных имен прилагательных один тип склонения общий. Каждый тип склонения имеет в точности одно имя (порядковый номер от 1 до 21).

Таким образом, существуют следующие признаки, которые однозначно определяют выбор нужной словоформы: грамматические – *число, падеж, род, признаки одушевленности, архаичности*, лексикографические – *последняя буква основы слова, признак ударности и смягчения слова* для имен существительных и непритяжательных имен прилагательных и *суффикс основы слова* для притяжательных имен прилагательных.

## 2. Математическое описание склонения регулярных имен существительных, полных непритяжательных и притяжательных имен прилагательных

Для формального описания процесса склонения имен прилагательных и существительных для каждого грамматического и лексикографического признака вводим свою предметную переменную:  $x_1$  – *род* формы слова со значениями М – мужской, Ж – женский, С – средний;  $x_2$  – *число* формы слова со значениями Е – единственное, М – множественное;  $x_3$  – *падеж* формы слова со значениями И – именительный, Р – родительный, Д – дательный, В – винительный, Т – творительный, П – предложный;  $x_4$  – *признак одушевленности* формы слова со значениями О – одушевленный, Н – неодушевленный;  $x_5$  – *признак употребляемости* формы слова со значениями С – современная, А – архаичная;  $s$  – *суффикс основы слова* со значениями \* – суффикс отсутствует, ОВ, ЕВ, ЫН, ИН, Н, НИН;  $y_1$  – *последняя буква основы слова* – Б, В, Д, З, Л, М, Н, П, Р, С, Т, Ф, Г, К, Х, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, А, Е, Й, О, У, Ы, Ю, Я, И;  $y_2$  – *признак ударности основы слова* со значениями У – ударная, Б – безударная основа; *признак смягчения основы слова* –  $y_3$  со значениями М – мягкая основа, Т – твердая основа.

Введем также предметные переменные для обозначения типа влияния контекста, типа склонения и окончания слова:  $r$  – *тип влияния контекста* со значениями 1-28,  $s$  – *тип склонения* слова со значениями 1-21;  $z$  – *окончание* формы слова со значениями: \* (окончание отсутствует – нулевое), А, Я, У, Ю, Е, О, Ы, И, Ё, Ь, Й, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, ИЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОЮ, ЕЮ, ИЙ, ЫМ, ИМ, ЫЕ, ЫХ, ИХ, АЯ, УЮ, ОЕ, ЫЙ, АМ, АХ, ЯХ, ЕВ, ОВ, ЕМ, ЁВ, ЁЙ, ЁМ, ЁЮ, ЯМ, ОГО, ЕГО, ОМУ, ЕМУ, ЫМИ, ИМИ, АМИ, ЯМИ.

Используя материалы, изложенные в работах [3, 5, 6], зададим модели склонения каждой из частей речи:  $\alpha_a = (M_a, P_a)$  – модель склонения полных непритяжательных имен прилагательных,  $\alpha_n = (M_n, P_n)$  – модель склонения регулярных имен существительных и  $\alpha_{ap} = (M_{ap}, P_{ap})$  – модель склонения притяжательных имен прилагательных.

Обратим внимание на то, что данные модели  $(M_a, P_a)$ ,  $(\alpha \in A, A = (\{a, n, pa\}))$  являются *многоосновными*, т.е. их носители  $M_a$  представимы в виде декартова произведения множеств  $M_\alpha = M_{1\alpha} \times M_{2\alpha} \times \dots \times M_{mn}$ . Отметим также, что предикат  $P_a$  каждой из моделей  $(M_a, P_a)$  представим в виде конъюнкции бинарных предикатов  $P_\alpha = \bigwedge_{i=1,n} P_{i\alpha}$ . Развернутое

описание данных предикатов можно найти в указанных выше работах соответственно. В данный же момент нас интересует общий вид каждой из трех моделей.

Носитель модели для склонения регулярных имен существительных  $\alpha_n = (M_n, P_n)$  представим в виде декартова произведения следующих множеств:

$$M_n = M_{x_{1n}} \times M_{x_{2n}} \times M_{x_{3n}} \times M_{x_{4n}} \times M_{x_{5n}} \times M_{r_n} \times M_{y_{1n}} \times M_{y_{2n}} \times M_{y_{3n}} \times M_{s_n} \times M_{z_n}.$$

Множества  $M_{i_n}$ ,  $i \in V$ ,  $V = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, s, z\}$  имеют вид:

$$M_{x_{1n}} = \{М, Ж, С\}; M_{x_{2n}} = \{Е, М\}; M_{x_{3n}} = \{И, Р, Д, В, Т, П\}; M_{x_{4n}} = \{О, Н\}; M_{x_{5n}} = \{С, А\}; M_{y_{1n}} = \{Б, В, Д, З, Л, М, П;$$

$$Т, Ф, Е, Н, Р, С, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, Г, К, Х, А, Й, О, У, Ы, Ю, Я, И\}; M_{y_{2n}} = \{У, Б\}; M_{y_{3n}} = \{Т, М\}; M_{s_n} = \{\overline{1}, 1\}; M_{r_n} = \{\overline{1}, 25\};$$

$$M_{z_n} = \{*, А, Й, АМ, АМИ, АХ, Е, ЕВ, ЕЙ, ЕМ, ЕЮ, Ё, ЁВ, ЁЙ, ЁМ, ЁЮ, И, О, ОВ, ОЙ, ОМ, ОЮ, У, Ь, Ы, Ю, Я, ЯМ, ЯМИ, ЯХ\}.$$

Предикат модели  $P_n$  имеет вид:

$$P_n(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, s, z) = P_{1n}(x_1, r) \wedge P_{2n}(x_2, r) \wedge P_{3n}(x_3, r) \wedge P_{4n}(x_4, r) \wedge P_{5n}(x_5, r) \wedge \\ \wedge P_{6n}(y_1, s) \wedge P_{7n}(y_2, s) \wedge P_{8n}(y_3, s) \wedge P_{9n}(r, z) \wedge P_{10n}(s, z).$$

Для модели склонения полных непряжательных имен прилагательных  $\alpha_a = (M_a, P_a)$  имеем:

$$P_a(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, s, z) = P_{1a}(x_1, r) \wedge P_{2a}(x_2, r) \wedge P_{3a}(x_3, r) \wedge \\ \wedge P_{4a}(x_4, r) \wedge P_{5a}(x_5, r) \wedge P_{6a}(y_1, s) \wedge P_{7a}(y_2, s) \wedge P_{8a}(y_3, s) \wedge P_{9a}(r, z) \wedge P_{10a}(s, z).$$

$$M_a = M_{x1a} \times M_{x2a} \times M_{x3a} \times M_{x4a} \times M_{x5a} \times M_{ra} \times M_{y1a} \times M_{y2a} \times M_{y3a} \times M_{sa} \times M_{za},$$

где

$$M_{x1a} = \{М, Ж, С\}; M_{x2a} = \{Е, М\}; M_{x3a} = \{И, Р, Д, В, Т, П\}; M_{x4a} = \{О, Н\}; M_{x5a} = \{С, А\}; M_{ra} = \{\overline{1,19}\}; M_{y2a} = \{У, Б\}; \\ M_{y1a} = \{Б, В, Д, З, Л, М, П, Т, Е, Н, Р, С, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, Г, К, Х\}; M_{y3a} = \{Т, М\}; M_{sa} = \{\overline{12,18}\}; M_{za} = \{ААЯЯ, УЮ, ЮЮ, ЕЕ, ОЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО, ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ЕЮ, ЫЙ, ИЙ, ЫМ, ИМ, ЫЕ, ИЕ, ЫХ, ИХ, ЫМИ, ИМИ\}.$$

Для модели склонения притяжательных имен прилагательных  $\alpha_{ap} = (M_{ap}, P_{ap})$  предикат модели  $P_{ap}$  имеет вид:

$$P_{ap}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, z) = P_{1ap}(x_1, r) \wedge P_{2ap}(x_2, r) \wedge P_{3ap}(x_3, r) \wedge P_{4ap}(x_4, r) \wedge \\ \wedge P_{5ap}(x_5, r) \wedge P_{6ap}(c, s) \wedge P_{7ap}(r, z) \wedge P_{8ap}(s, z).$$

Носитель модели:

$$M_{pa} = M_{x1pa} \times M_{x2pa} \times M_{x3pa} \times M_{x4pa} \times M_{x5pa} \times M_{gra} \times M_{cra} \times M_{spa} \times M_{zpa}.$$

Множества  $M_{ipa}$ ,  $i \in V$ ,  $V = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, z\}$  имеют вид:

$$M_{x1pa} = \{М, Ж, С\}; M_{x2pa} = \{Е, М\}; M_{x3pa} = \{И, Р, Д, В, Т, П\}; M_{x4pa} = \{О, Н\}; M_{x5pa} = \{С, А\}; \\ M_{gra} = \{\overline{1,22}\}; M_{cra} = \{*, ОВ, ЕВ, ЫН, ИН, Н, НИН\}; M_{spa} = \{19, 20, 21, 16\}; \\ M_{zpa} = \{*, А, Я, У, ИЕ, ОЙ, ЕЙ, Ю, Е, О, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО, ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ЕЮ, ИЙ, ЫМ, ИМ, Ы, И, ЫЕ, ЫХ, ИХ, ЫМИ, ИМИ\}.$$

### 3. Математическое описание склонения словосочетаний.

Для построения модели склонения словосочетаний  $(M, P)$ , состоящей из регулярных существительных, притяжательных и полных непряжательных прилагательных, используем метод композиции моделей по набору переменных, описанный в работе [10]. Введем набор переменных, несущественных для каждого из предикатов  $M_\alpha$  и  $P_\alpha$  ( $\alpha \in A, A = \{a, n, pa\}$ ). Основываясь на результатах разложения, приведенных в работе [11], вводим переменные:  $p_1 \in M_{p1}, M_{p1} = \{п., кр.\}$ , обозначающую краткость формы непряжательного имени прилагательного;  $p_2 \in M_{p2}, M_{p2} = \{непр., пр.\}$ , обозначающую вид имени прилагательного: притяжательного или непряжательного;  $p_3 \in M_{p3}, M_{p3} = \{прил., сущ.\}$  – переменная, обозначающая часть речи;  $p_4 \in M_{p4}, M_{p4} = \{регул., нерег.\}$  обозначает регулярность имени существительного. Множество  $M$  и предикат  $P$  модели склонения словосочетаний  $(M, P)$  имеют вид:

$$M(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, z, p_1, p_2, p_3) = \\ = \bigvee_{\alpha_{p1} \in M_{p1}, i=1,4} M_{\alpha_{p1} \alpha_{p2} \alpha_{p3} \alpha_{p4}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, z) \wedge p_1^{\alpha_{p1}} p_2^{\alpha_{p2}} p_3^{\alpha_{p3}}; \\ P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, z, p_1, p_2, p_3) = \\ = \bigvee_{\alpha_{p1} \in M_{p1}, i=1,4} P_{\alpha_{p1} \alpha_{p2} \alpha_{p3} \alpha_{p4}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, z) \wedge p_1^{\alpha_{p1}} p_2^{\alpha_{p2}} p_3^{\alpha_{p3}};$$

С учетом данных формул и приведенного выше описания моделей  $\alpha_a$ ,  $\alpha_n$  и  $\alpha_{ар}$  множество  $M$  и предикат  $P$  модели склонения словосочетаний будут иметь следующий вид:

$$P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, p, z) = P_1(x_1, r) \wedge P_2(x_2, r) \wedge P_3(x_3, r) \wedge \\ \wedge P_4(x_4, r) \wedge P_5(x_5, r) \wedge P_6(y_1, s) \wedge P_7(y_2, s) \wedge P_8(y_3, s) \wedge P_9(c, s) \wedge P_{10}(r, z) \wedge \\ \wedge P_{11}(s, z) \wedge P_{12}(s, p_1) \wedge P_{13}(s, p_2) \wedge P_{14}(s, p_3); \quad (1)$$

$$M = M_{x_1} \times M_{x_2} \times M_{x_3} \times M_{x_4} \times M_{x_5} \times M_r \times M_c \times M_{y_1} \times M_{y_2} \times M_{y_3} \times M_s \times M_z \times M_{p_1} \times M_{p_2} \times M_{p_3} \times M_{p_4};$$

$$M_{x_1} = \{M, Ж, C\}; M_{x_2} = \{E, M\}; M_{x_3} = \{И, Р, Д, В, Т, П\}; M_{x_4} = \{O, H\}; M_{x_5} = \{C, A\}; M_r = \{1, 28\}; M_{y_3} = \{B, В, Д, З, Л, М, Г, \\ П, Т, Ф, Е, Н, Р, С, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, К, Х, А, Й, О, У, Ы, Ю, Я, И\}; M_{y_3} = \{Б, В, Д, З, Л, М, П, Т, Ф, Е, Н, Р, С, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, \\ Г, К, Х, А, Й, О, У, Ы, Ю, Я, И\}; M_{y_1} = \{У, Б\}; M_{y_2} = \{Т, М\}; M_c = \{*, ОВ, ЕВ, ЫН, ИН, Н, НИН\}; M_s = \{1, 21\}; M_{p_1} = \{п., кр\}; \\ M_{p_2} = \{пр., непр.\}; M_{p_3} = \{прил., суш\}; M_z = \{*, А, Я, У, Ю, Е, О, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, ИЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО, \\ ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ЕЮ, ИЙ, ЫМ, ИМ, Ы, И, ЫЕ, ЫХ, ИХ, ЫМИ, ИМИ, АЯ, УЮ, ОЕ, ЫЙ, АМ, АМИ, \\ АХ, ЯХ, ЕВ, ОВ, ЕМ, Ё, ЁВ, ЁЙ, ЁМ, ЁЮ, Ъ, ЯМ, ЯМИ, Й\}.$$

Бинарные предикаты в формуле (1) имеют следующий вид:

$$P_1(x_1, r) = x_1^M (r^1 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^{19} \vee r^{22}) \vee (x_1^M \vee x_1^C) (r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^9 \vee r^{10}) \vee \\ \vee x_1^Ж (r^{11} \vee r^{12} \vee r^{10} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16}) \vee x_1^C (r^{17} \vee r^{27} \vee r^{28}) \vee (x_1^Ж \vee x_1^C) (r^{25} \vee r^{26}) \vee \\ \vee (x_1^Ж \vee x_1^M) (r^{18} \vee r^{21}) \vee (x_1^M \vee x_1^Ж \vee x_1^C) (r^{20} \vee r^{23} \vee r^{24});$$

$$P_2(x_2, r) = x_2^E (r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee \\ \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17}) \vee x_2^M (r^{18} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22} \vee r^{23} \vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{26} \vee r^{27} \vee r^{28});$$

$$P_3(x_3, r) = x_3^И (r^1 \vee r^{11} \vee r^{18} \vee r^{27}) \vee x_3^P (r^2 \vee r^3 \vee r^{12} \vee r^{19} \vee r^{25}) \vee x_3^Д (r^4 \vee r^5 \vee r^{20}) \vee (x_3^Д \vee x_3^П) r^{13} \vee \\ \vee x_3^B (r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^{14} \vee r^{21} \vee r^{22} \vee r^{26} \vee r^{28}) \vee x_3^T (r^9 \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{23}) \vee x_3^П (r^{10} \vee r^{24}) \vee (x_3^И \vee x_3^B) r^{17};$$

$$P_4(x_4, r) = x_4^H (r^6 \vee r^{21} \vee r^{28}) \vee x_4^O (r^7 \vee r^8 \vee r^{22} \vee r^{26}) \vee (x_4^H \vee x_4^O) (r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee \\ \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{23} \vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{27});$$

$$P_5(x_5, r) = x_5^C (r^2 \vee r^4 \vee r^7 \vee r^{15}) \vee x_5^A (r^3 \vee r^5 \vee r^8 \vee r^{16}) \vee (x_5^C \vee x_5^A) (r^1 \vee r^6 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee \\ \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22} \vee r^{23} \vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{26} \vee r^{27} \vee r^{28});$$

$$P_6(y_1, s) = (y_1^B \vee y_1^B \vee y_1^Д \vee y_1^3 \vee y_1^Л \vee y_1^М \vee y_1^П \vee y_1^Т \vee y_1^H \vee y_1^P \vee y_1^C) (s^1 \vee s^2 \vee s^8 \vee s^{12} \vee s^{17}) \vee \\ \vee (y_1^H \vee y_1^P \vee y_1^C) s^{16} \vee (y_1^Ж \vee y_1^Ч \vee y_1^Ш \vee y_1^Щ) (s^4 \vee s^9 \vee s^{15} \vee s^{18}) \vee \\ \vee y_1^П (s^1 \vee s^5 \vee s^{14}) \vee (y_1^Г \vee y_1^K \vee y_1^X) (s^3 \vee s^{13} \vee s^{18}) \vee y_1^Ф (s^1 \vee s^2 \vee s^8) \vee y_1^И (s^7 \vee s^{11}) \vee \\ \vee (y_1^A \vee y_1^Й \vee y_1^O \vee y_1^У \vee y_1^Ы \vee y_1^Ю \vee y_1^Я) (s^6 \vee s^{10});$$

$$P_7(y_2, s) = y_2^Y (s^2 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^{12} \vee s^{13} \vee s^{14} \vee s^{15} \vee s^{16}) \vee (y_2^Y \vee y_2^B) (s^1 \vee s^3) \vee \\ \vee y_2^B (s^8 \vee s^9 \vee s^{10} \vee s^{11} \vee s^{17} \vee s^{18});$$

$$P_8(y_3, s) = y_3^T (s^1 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^9 \vee s^{12} \vee s^{14} \vee s^{17} \vee s^{18}) \vee y_3^M (s^2 \vee s^6 \vee \\ \vee s^7 \vee s^8 \vee s^{10} \vee s^{11} \vee s^{13} \vee s^{15} \vee s^{16});$$

$$P_9(c, s) = (c^{ИН} \vee c^{НИН}) s^{19} \vee c^* s^{21} \vee c^H s^{16} (c^{ОВ} \vee c^{ЕВ} \vee c^{ЫН}) s^{20};$$

$$P_{12}(p_1, s) = p_1^{\text{полн}}(s^{12} \vee s^{13} \vee s^{14} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{17} \vee s^{18} \vee s^{19} \vee s^{20} \vee s^{21}) \vee p_1^{\text{кр}}(t^1 \vee t^2 \vee \dots \vee t^k),$$

где  $t_i, i = \overline{1, k}$  – типы склонения кратких непряжательных имен прилагательных;

$$\begin{aligned} P_{10}(r, z) = & (r^1 \vee r^6)(z^* \vee z^b \vee z^{\text{й}} \vee z^{\text{ий}} \vee z^{\text{ый}} \vee z^{\text{ой}}) \vee (r^2 \vee r^3 \vee r^7 \vee r^8)(z^a \vee z^y \vee z^{\text{ого}} \vee z^{\text{его}}) \vee \\ & \vee (r^4 \vee r^5)(z^y \vee z^{\text{ю}} \vee z^{\text{ому}} \vee z^{\text{ему}}) \vee r^9(z^{\text{ым}} \vee z^{\text{им}} \vee z^{\text{ом}} \vee z^{\text{ем}} \vee z^{\text{ём}}) \vee \\ & \vee r^{10}(z^e \vee z^{\text{и}} \vee z^{\text{ом}} \vee z^{\text{ем}}) \vee r^{11}(z^a \vee z^y \vee z^{\text{ая}} \vee z^{\text{яя}}) \vee r^{12}z^b \vee (r^{12} \vee r^{13})(z^e \vee z^{\text{и}} \vee z^{\text{ой}} \vee z^{\text{ей}}) \vee \\ & \vee r^{14}(z^y \vee z^{\text{ю}} \vee z^{\text{юю}} \vee z^{\text{ую}}) \vee r^{15}(z^{\text{ой}} \vee z^{\text{ей}} \vee z^{\text{ей}}) \vee r^{16}(z^{\text{ою}} \vee z^{\text{ею}} \vee z^{\text{ёю}}) \vee r^{17}(z^o \vee z^e \vee z^{\text{ее}} \vee z^{\text{ое}}) \vee \\ & \vee (r^{18} \vee r^{21})(z^b \vee z^{\text{и}} \vee z^{\text{ие}} \vee z^{\text{ые}}) \vee (r^{19} \vee r^{22})(z^{\text{ых}} \vee z^{\text{их}} \vee z^{\text{ов}} \vee z^{\text{ев}} \vee z^{\text{ёв}} \vee z^{\text{ей}}) \vee \\ & \vee r^{20}(z^{\text{ым}} \vee z^{\text{им}} \vee z^{\text{ам}} \vee z^{\text{ям}}) \vee r^{23}(z^{\text{ыми}} \vee z^{\text{ими}} \vee z^{\text{ами}} \vee z^{\text{ями}}) \vee r^{20}(z^{\text{ым}} \vee z^{\text{им}} \vee z^{\text{ам}} \vee z^{\text{ям}}) \vee \\ & \vee r^{23}(z^{\text{ыми}} \vee z^{\text{ими}} \vee z^{\text{ами}} \vee z^{\text{ями}}) \vee r^{24}(z^{\text{ых}} \vee z^{\text{их}} \vee z^{\text{ах}} \vee z^{\text{ях}}) \vee \\ & \vee (r^{25} \vee r^{26})(z^* \vee z^b \vee z^{\text{й}} \vee z^{\text{их}} \vee z^{\text{ых}} \vee z^{\text{ей}}) \vee (r^{27} \vee r^{28})(z^b \vee z^{\text{и}} \vee z^a \vee z^y \vee z^{\text{ие}} \vee z^{\text{ые}}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{11}(s, z) = & (s^1 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^9 \vee s^{19} \vee s^{20}) \wedge (z^* \vee z^a \vee z^y) \vee (s^1 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^9) \wedge \\ & \wedge (z^{\text{ам}} \vee z^{\text{ами}} \vee z^{\text{ах}}) \vee (s^1 \vee s^3 \vee s^{19} \vee s^{20})z^o \vee (s^1 \vee s^3)z^{\text{ов}} \vee (s^1 \vee s^3 \vee s^9 \vee s^{12} \vee s^{13} \vee \\ & \vee s^{18} \vee s^{19} \vee s^{20})(z^{\text{ой}} \vee z^{\text{ом}} \vee z^{\text{ою}}) \vee (s^1 \vee s^5 \vee s^{19} \vee s^{20})z^b \vee (s^3 \vee s^4 \vee s^2 \vee s^6 \vee s^7 \vee \\ & \vee s^8 \vee s^9 \vee s^{10} \vee s^{11} \vee s^{21})z^{\text{и}} \vee (s^2 \vee s^8)z^b \vee (s^2 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^8 \vee s^{10} \vee s^{11}) \wedge \\ & \wedge (z^y \vee z^{\text{ю}} \vee z^{\text{ям}} \vee z^{\text{ями}} \vee z^{\text{ях}}) \vee (s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^{14} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{21}) \wedge \\ & \wedge (z^{\text{ем}} \vee z^{\text{ею}}) \vee (s^8 \vee s^{10})(z^{\text{ём}} \vee z^{\text{ёю}} \vee z^{\text{ей}}) \vee (s^5 \vee s^6 \vee s^7)z^{\text{ев}} \vee \\ & \vee (s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^8 \vee s^9 \vee s^{11} \vee s^{21})(z^{\text{ей}} \vee z^e) \vee (s^6 \vee s^7 \vee s^{10} \vee s^{11})z^{\text{й}} \vee \\ & \vee s^{10}z^e \vee (s^{10} \vee s^{11})z^{\text{ёв}} \vee s^{11}(z^{\text{ём}} \vee z^{\text{ею}}) \vee (s^{12} \vee s^{14})z^{\text{ый}} \vee (s^{12} \vee s^{14} \vee s^{17} \vee s^{19} \vee s^{20}) \wedge \\ & \wedge (z^{\text{ых}} \vee z^{\text{ым}} \vee z^{\text{ыми}}) \vee (s^{12} \vee s^{14} \vee s^{17})z^{\text{ие}} \vee (s^{12} \vee s^{14} \vee s^{13} \vee s^{15} \vee s^{17} \vee s^{18}) \wedge \\ & \wedge (z^{\text{ая}} \vee z^{\text{ую}}) \vee (s^{12} \vee s^{13} \vee s^{17} \vee s^{18}) \wedge (z^{\text{ое}} \vee z^{\text{ого}} \vee z^{\text{ому}}) \vee s^{19}(z^{\text{ого}} \vee z^{\text{ому}}) \vee \\ & \vee (s^{13} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{21})z^{\text{ий}} \vee (s^{13} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{18})z^{\text{ие}} \vee (s^{13} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{18} \vee s^{21}) \wedge \\ & \wedge (z^{\text{их}} \vee z^{\text{им}} \vee z^{\text{ими}}) \vee (s^{14} \vee s^{15} \vee s^{16})(z^{\text{ее}} \vee z^{\text{его}} \vee z^{\text{ему}} \vee z^{\text{ей}}) \vee \\ & \vee s^{16}(z^{\text{яя}} \vee z^{\text{юю}}) \vee s^{21}(z^{\text{его}} \vee z^{\text{ему}}) \vee s^{21}(z^y \vee z^{\text{ю}}). \end{aligned}$$

$$P_{13}(p_2, s) = p_2^{\text{непр}}(s^{12} \vee s^{13} \vee s^{14} \vee s^{15} \vee s^{17} \vee s^{18}) \vee p_2^{\text{пр}}(s^{19} \vee s^{20} \vee s^{21}) \vee (p_2^{\text{непр}} \vee p_2^{\text{пр}})s^{16};$$

$$\begin{aligned} P_{14}(p_3, s) = & p_3^{\text{сущ}}(s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^8 \vee s^9 \vee s^{10} \vee s^{11}) \vee \\ & \vee p_3^{\text{прил}}(s^{12} \vee s^{13} \vee s^{14} \vee s^{15} \vee s^{16} \vee s^{17} \vee s^{18} \vee s^{19} \vee s^{20} \vee s^{21}). \end{aligned}$$

$$P_{15}(p_4, s) = p_4^{\text{рег}}(s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 \vee s^8 \vee s^9 \vee s^{10} \vee s^{11}) \vee p_4^{\text{перег}}(r^1 \vee r^2 \vee \dots \vee r^k).$$

Здесь  $r^i, i = \overline{1, k}$  – типы склонения нерегулярных имен существительных.

**Выводы.** Основным результатом работы является построение модели флективной обработки словосочетаний русского языка. *Научная новизна.* На основании метода композиции моделей по набору переменных [10] впервые построена математическая модель склонения словосочетаний русского языка (в предыдущих работах рассматривались лишь разрозненные модели склонения и спряжения именных частей речи). *Практическая значимость.* Предложенный проект является одним из компонентов, которые можно использовать в существующих системах и на пути создания будущих систем автоматической обработки текстовой информации (поддержка и реализация БД, баз знаний, ЭС, системы компьютерного перевода и т.п.), систем автоматизированного проектирования новых информационных технологий и других систем искусственного интеллекта. *Перспективы*

дальнейших исследований в данном направлении состоят в проведении всестороннего анализа алгебрологической структуры естественного языка. Построена лишь модель склонения словосочетаний, состоящих из регулярных имен существительных и притяжательных и полных непритяжательных имен прилагательных. Необходимо описать и другие аспекты грамматики: словообразование, грамматика словосочетаний, состоящих из остальных частей речи, и т.д. Далее необходимо было бы объединить полученные модели в одну общую модель, которая будет решать необходимые естественно-языковые задачи.

**Список литературы:** 1 Широков В. А. Феноменология лексикографических систем. К.: Наук. думка, 2004. 327 с. 2. Шабанов-Кушнаренко Ю.П., Хаханов В.И., Процай Н.Т., Вечирская И.Д., Лецинский В.А., Иванюлов А.А., Обризан В.И. Логическая сеть как технология моделирования естественного языка. Научно-практическая конференция «Информационные технологии – в науку и образование». Харьков, Украина, 21-22 марта 2005. 3. Бондаренко М.Ф., Чикина В.А., Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Модели языка // Бионика интеллекта. 2004. №1(61). С.27-37. 4. Четвериков Г.Г. Алгебро-логічні засоби моделювання природної мови. (Повідомлення 1) // Біоніка інтелекту. 2004. №1(61). С.42-45. 5. Процай Н.Т. Модели языка – склонение притяжательных имен прилагательных // Бионика интеллекта. 2004. №2(63). С.58-65. 6. Лецинский В.А. Модели бинарных логических сетей и их применение в искусственном интеллекте. Дисс. ... канд. техн. наук. Х.: ХИРЭ, 2006. 163с. 7. Дударь З.В., Иванюлов А.А., Климушев В.В., Обризан В.И. Логическая сеть для модели глагольной флексии русского языка / // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Харьков. 2006. № 4/2. С. 80-89. 8. Зализняк А. А. Грамматический словарь русского языка. М.: Русский язык, 1977. 879 с. 9. Грамматика русского языка. М.: АН СССР, 1960, т. 1, 719 с.; т. 2, ч. 1, 702 с.; ч. 2, 440 с. 10. Процай Н.Т. О методе композиции моделей // Вестник «ХПИ». 2008. № 13. С.45 – 49. 11. Процай Н.Т. Метод декомпозиции моделей по набору переменных // Сб. трудов конференции Современные научные достижения. 01-14 февраля 2008 г. С. 30–33

Поступила в редколлегию 20.12.2009

**Процай Наталья Тимофеевна**, ассистент кафедры компьютерной математики и математического моделирования НТУ «ХПИ». Научные интересы: алгебраическая логика, модели языка. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Фрунзе, 21, тел. 707-63-51.