

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию  
СОРОКИНА Алексея Андреевича  
«Об отношении совместимости в исчислении Ламбека  
и в его варианте с операциями замещения»  
на соискание учёной степени кандидата  
физико-математических наук по специальности  
01.01.06 — математическая логика, алгебра и теория чисел

В 1958 году Й. Ламбек определил формальную логическую систему для описания синтаксиса естественных языков. Эта система получила название исчисления Ламбека и обозначается  $L$ . В отличие от порождающих грамматик Хомского, исчисление Ламбека основано на понятии синтаксического типа. Синтаксические типы строятся из элементов изначально заданного множества примитивных типов с помощью бинарных связок умножения ( $\cdot$ ), левого деления ( $\backslash$ ) и правого деления ( $/$ ). С лингвистической точки зрения типы исчисления Ламбека описывают синтаксические роли слов в предложении. Основными объектами исчисления Ламбека являются секвенции — выражения вида  $A_1 \dots A_n \rightarrow B$ , где  $A_1, \dots, A_n, B$  — произвольные типы,  $n > 0$ . Доказуемость такой секвенции означает, что последовательность слов, имеющих типы  $A_1, \dots, A_n$ , может рассматриваться как грамматическая составляющая, имеющая тип  $B$ . Два типа  $A$  и  $B$  называются совместимыми, если существует тип  $C$  (совмещающий тип), такой что секвенции  $A \rightarrow C$  и  $B \rightarrow C$  доказуемы. Лингвистически совместимость означает возможность соединить два выражения с помощью сочинительного союза.

Помимо исчисления Ламбека, активно изучаются и различные его модификации, например, исчисление  $L^*$ , допускающее пустые антецеденты, и исчисление Ламбека с единицей  $L_1$ . В 1990-х годах Г. Моррилл и Х.-М. Меренсиано определили исчисление Ламбека с операциями замещения (обозначается  $DL$ ). Исчисление  $DL$  позволяет описывать языковые явления, не допускающие описания в терминах непрерывных грамматических составляющих. В то же время известно, что исчисления Ламбека для этих целей недостаточно, так как грамматики Ламбека порождают в точности контекстно-свободные языки (это результат был получен М. Р. Пентусом в 1993 году).

Диссертация А. А. Сорокина посвящена изучению отношения совместимости в исчислении Ламбека  $L$  и его расширении  $DL$ . Также в ней рассматривается вопрос о свойствах замкнутости класса языков, порождаемых категориальными грамматиками, основанными на исчислении  $DL$ . Диссертация состоит из введения и шести глав.

В первой главе приведены основные определения, связанные с исчислениями  $L$  и  $L^*$ .

Вторая глава посвящена получению верхней оценки на длину совмещающего типа. Критерий совместимости двух типов был получен Пентусом в 1992 году, однако оставалось неизвестным, какой будет длина совмещающего типа. А. А. Сорокин доказал, что по любым двум совместимым типам можно эффективно построить совмещающий тип квадратичного размера относительно размеров исходных типов (теорема 3). Для доказательства этого утверждения диссертант использует введённую Пентусом интерпретацию типа в свободной группе. Используя данное понятие, он получает из каждого типа некоторые совместимые с ним типы, имеющие более простую струк-

туру. Далее, используя транзитивность отношения совместимости, он строит совмещающий тип для исходных типов.

В третьей главе решена обратная задача. А. А. Сорокин доказал, что существует бесконечно много пар совместимых типов таких, что всякий совмещающий тип имеет не менее чем квадратичную длину относительно длин исходных типов (теорема 9). Доказательство этого утверждения весьма нетривиально и использует мультипликативную циклическую линейную логику MCLL, введённую Ж.-И. Жираром и Д. Йеттером. Применяя сети доказательства, диссертант показывает, что при некоторых ограничениях совмещающая формула для двух формул исчисления MCLL имеет не менее чем квадратичный размер. Затем этот результат переносится на исчисление  $L^*$  благодаря тому, что исчисление MCLL является консервативным расширением исчисления  $L^*$  в смысле стандартного перевода.

В четвёртой главе приводятся основные определения, связанные с разрывными операциями  $\odot$ ,  $\uparrow$  и  $\downarrow$ , и вводится несеквенциальный вариант HDL разрывного исчисления Ламбека.

В пятой главе получен критерий совместимости двух типов в исчислении HDL и его фрагментах  $HDL_k$ . Диссертант определил интерпретацию тина в свободной абелевой группе. Основным результатом главы состоит в том, что следующие три утверждения эквивалентны: 1) типы  $A$  и  $B$  сорта  $k$  совместимы в исчислении HDL; 2) типы  $A$  и  $B$  сорта  $k$  совместимы в исчислении  $HDL_k$ ; 3) интерпретации типов  $A$  и  $B$  равны (теоремы 11 и 12). Диссертанту удалось свести изучение совместимости произвольных типов к типам специального вида — непрерывным приведённым типам. В частности, из полученного критерия следует, что совместимость двух типов можно проверить за линейное время. Отметим, что ранее не было даже известно, является ли отношение совместимости разрешимым.

В шестой главе изучается одно из свойств замкнутости класса языков, порождаемых разрывными грамматиками Ламбека. А. А. Сорокин доказал, что этот класс замкнут относительно пересечения с регулярными языками, не содержащими пустого слова (теорема 15). Предложенная в диссертации конструкция позволяет построить для пересечения языков грамматику полиномиального размера. Для разрывных грамматик Ламбека данное свойство было неизвестно, в то время как для грамматик, основанных на исчислении  $L$ , единственное известное доказательство было основано на преобразовании грамматики Ламбека в эквивалентную контекстно-свободную грамматику, что приводит к экспоненциальному увеличению её размера. Следует отметить, что несмотря на небольшой размер основной конструкции в доказательстве теоремы 13, обоснование её правильности весьма нетривиально.

В качестве недостатков диссертации можно отметить, что некоторые доказательства следовало изложить более подробно. Так, в доказательстве леммы 3.9 утверждается существование некоторой последовательности  $\alpha_0, \dots, \alpha_{2n}$ , однако не объясняется, как именно она строится. В доказательстве леммы 3.13 при вычислении  $D(T_k)$  преобразование суммы производится очень кратко. В деревьях вывода некоторые вершины получаются из своих сыновей применением не одного, а нескольких правил. Об этом следовало сказать явно. Диссертация содержит некоторое количество опечаток. Например, на странице 37 в строке 11 написано лишнее слово «выводимы», на странице 47 в строке 15 пропущена стрелка в записи секвенции, на странице 58 в описании исчисления  $HL_1$  пропущена аксиома ассоциативности. Имеются и другие опечатки. Все перечисленные замечания не снижают научной ценности проведённых исследований и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

Таким образом, полученные в диссертации результаты являются весомым вкла-

дом в области математической лингвистики и её приложений. Стоит отметить, что все сложные определения и утверждения снабжены хорошими и понятными примерами. Все доказываемые в диссертационной работе результаты являются новыми и принадлежат диссертанту. Все утверждения снабжены строгими математическими доказательствами, поэтому их справедливость не вызывает сомнений. Все научные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных изданиях, в том числе и рекомендованных ВАК Российской Федерации для опубликования результатов кандидатских диссертаций. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация А. А. Сорокина удовлетворяет требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.06 — «Математическая логика, алгебра и теория чисел».

Официальный оппонент:

Доцент кафедры информатики ФГБОУ ВПО  
«Тверской государственный университет»,  
кандидат физико-математических наук

Телефон: (4822) 58-53-20 (122)

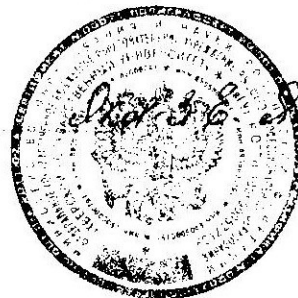
Электронная почта: pmk.cs@tversu.ru

Б. Н. Карлов

*Карлов*

*Карлова Б. Н.*

03.09.14



*Доктор Б. Н. Карлова*