

**«УТВЕРЖДАЮ»**

директор ИПС им. А.К. Айламазяна РАН,  
д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН

Абрамов Сергей Михайлович

« 21 » *Ноябрь* 20 *18* г.

## **Отзыв ведущей организации**

### **о научно-практической ценности диссертации**

*Егорушкина Олега Игоревича* на тему «Разрешимость полиномиальных грамматик и синтаксический анализ контекстно-свободных языков на основе коммутативных образов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики

#### **Актуальность выбранной темы**

Являясь неотъемлемой составляющей теоретических основ информатики, теории формальных языков имеет фундаментальное значение как для лингвистики, так и для программирования. На ней базируются поиск в интернет, работа новостных агрегаторов, машинный перевод текстов, речевой диалог с компьютером, развитие языка математических абстракций, понимание генетического кода в биоинформатике, разработка и реализация языков программирования, оптимизация компиляторов, перенос разработанных компьютерных программ в новую вычислительную среду, обнаружение кода мигрирующих вирусов и другие современные технологии.

Все эти приложения используют взаимосвязи языка (как множества возможных текстов) с грамматикой (сводом формальных правил, определяющих языковые конструкции и их равнозначимость). Более того, всюду нужны быстрые качественные алгоритмы формальных построений грамматики по языку и языка по грамматике, и синтаксического анализа конструкций, немислимые без серьезного теоретического обоснования. Представленная диссертация посвящена новому видению этих теоретических основ остро востребованной теории формальных языков.



## Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы из 122 наименований и изложена на 105 страницах.

**Во введении** приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследований, изложены основные результаты, выносимые на защиту.

**В первой главе** на существенно новой основе исследованы условия разрешимости полиномиальных грамматик, и, в частности, получены новые условия существования и единственности построения языка по грамматике.

**Во второй главе** на существенно новой основе исследована проблема синтаксического анализа языков программирования методом интегрального представления синтаксических полиномов.

**В заключении** сформулированы результаты диссертационного исследования, обладающих научной новизной:

1. Установлена связь между множествами решений полиномиальной грамматики и её коммутативного образа. Тем самым в теорию формальных языков и грамматик привлечены новые для этой теории математические методы: комплексного анализа и алгебраической геометрии.

2. Найдено условие существования и единственности полиномиального языка, порождённого полиномиальной грамматикой (системой уравнений с некоммутативными символьными переменными) в терминах её коммутативного образа. Условие формулируется как теорема о неявном отображении, которая обычно используется в случае коммутативных переменных.

3. Введено и исследовано понятие полиномиальной грамматики, порождающей бесконечное число языков, а также получены новые свойства несовместных полиномиальных грамматик, не имеющие аналогов для коммутативного случая. Таким образом, расширяется совокупность полиномиальных грамматик, исследуемых в теории формальных языков и грамматик.

4. Разработан метод синтаксического полинома для решения задачи синтаксического анализа мономов контекстно--свободных языков программирования. Синтаксический полином получен в виде интеграла по циклу от рациональной функции и может быть использован на практике в процессе синтаксического анализа программ.



Указанный перечень выглядит полным и точно соответствует содержанию диссертационной работы и автореферата.

### **Научная и практическая значимость результатов диссертации**

Теория формальных языков по сути является разделом некоммутативной алгебры и обычно в ней используются лишь общие методы некоммутативной алгебры. В частности, КС-языки могут быть представлены некоммутативными полиномами с коэффициентами из поля комплексных чисел.

Предложенная А. Л. Семёновым [ДАН, 1973]. идея использовать коммутативный образ полиномов, что требует практически удвоения размерности и перехода к функциям многих комплексных переменных, связала задачи теории формальных языков с методами традиционных алгебры и анализа. Но свойства коммутативной проекции систем полиномиальных уравнений могут отличаться от свойств исходных систем. Поэтому идея оставалась почти без внимания исследователей, пока К. В. Сафонов [Вычислительные технологии, 2005] не сделал следующий шаг от методов традиционных алгебры и анализа к методам теории аналитических функций многих комплексных переменных. Далее эстафету перехватил диссертант и в первой главе диссертации продолжено исследование связи между множествами решений полиномиальной грамматики и её коммутативного образа.

Установленная диссертантом в соавторстве с К. В. Сафоновым прозрачная связь полиномиальной грамматики с формальным степенным рядом позволила привлечь к исследованиям формальных языков и грамматик новые математические методы интенсивно развитых в прошлом веке теорий комплексного анализа и алгебраической геометрии. Коммутативная проекция позволила (при естественно формулируемом ограничении) устанавливать не только существование, но и единственность решений систем уравнений с некоммутативными символьными переменными. Это позволило диссертанту получить не только существование, но и единственность (Теорема 1.5) полиномиального языка, порождённого полиномиальной грамматикой простыми прозрачными методами без привлечения сложных некоммутативных аналогов определителя. Данные результаты неожиданны и трудны, и являются основным достижением диссертанта.



Вторая глава диссертации по необходимости технична. Она существенно опирается на полученное К. В. Сафоновым в 2009 г. обобщение критерия рациональности Кронекера на многомерные степенные ряды, а также на ранее известные многомерные аналоги интеграла Коши и логарифмического вычета.

Полученные результаты включают в себя новый метод синтаксического анализа (синтаксический полином получен в виде интеграла по циклу от рациональной функции) для решения задачи синтаксического анализа мономов контекстно-свободных языков, готовый для применения наравне с используемыми методами, от которых он принципиально отличается.

Приведён пример применения синтаксического анализа к программе неограниченной длины, убедительно показывающий, что новый метод может применяться в ситуациях, когда для синтаксического анализа неприменим обычный метод свёртки и развёртки.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Новые понятия и утверждения аккуратно и чётко сформулированы и сопровождаются строгими прозрачными доказательствами и убедительными ясными примерами. Все утверждения и доказательства прошли проверку публикацией в рецензируемых журналах, включая 5 журналов, рекомендованных ВАК и 2 из которых в Web of Science и Scopus и докладами на научных семинарах научных центров Восточной и Западной Сибири.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Полученные результаты позволяют вести дальнейшие исследования в теории формальных языков и грамматик в следующих направлениях:

-- выявления новых условий существования полиномиальных языков и изучения их свойств, включая поиск критерия существования решения полиномиальных грамматик в виде ФСР;

-- разработка новых методов синтаксического анализа формальных языков, которые могут применяться как в теоретическом программировании, так и при практическом осуществлении синтаксического анализа.

Не подлежит сомнению, что результаты такого исследования будут успешно использованы в учебном процессе при подготовке студентов по специальностям, связанным с информационными технологиями.

## Замечания по работе

Главным и очевидным недостатком представленного диссертационного исследования является недостаточная тщательность оформления текста:

1. Результаты не представлены на международных конференциях и в международных журналах. Утверждение на странице 16. “Результаты диссертационной работы были доложены автором на следующих всероссийских и международных конференциях” следует воспринимать с поправкой на то, что в списке этих конференций нет ни одного доклада на английском языке.
2. Без пояснений в тексте автореферата и диссертации диссертант использует необщепринятый термин “коммутативный образ”. Необходимо формальное определение этого понятия, например, на языке теории категорий.
3. Стр. 7: “Н. Хомский смоделировал возможность включения в тексты на естественных языках или языках программирования новых текстовых фрагментов, что отражает возможность итерирования в языках сложноподчинённых и сложносочинённых предложений или программ, содержащих вложенные подпрограммы.”  
Должно быть добавлено: “или циклы”.
4. Стр. 12. Сомнительное (неформальное) утверждение о “большинстве” языков программирования, противоречащее синтаксической недопустимости выражений вида:  $z := x;$ , где  $x$  не определено выше.
5. Стр. 13. “При этом коммутативным образом формального языка становится кратный степенной ряд, представляющий алгебраическую функцию в  $S^m_x$ , которая является решением этой системы.”  
Не пояснено, почему этот ряд сходится и “представляет функцию”.
6. Стр. 87. Нечётко сформулированное утверждение: “Таким образом, синтаксический анализ методом интегрального представления синтаксического полинома (интеграл фиксированной кратности) позволяет осуществлять синтаксический анализ мономов (программ), степени (длины) которых неограничены.”  
Диссертант провел вычисления для одного конкретного примера, но утверждение может восприниматься как общее.



7. Стр. 88. В утверждении "Тем самым в теорию формальных языков и грамматик привлечены новые для этой теории математические методы: комплексного анализа и алгебраической геометрии." вместо «и» по-видимому, должно быть «, основанные на».
8. Много мелких опечаток, как доступных автоматической проверке («университе» на с. 17, "всево**ж**можные мономы **одно**родного многочлена" и "со**т**тветственно" на с. 41, "написан**н**аю" на с. 80 и др.), так и другие: рассогласованные падежи ("задание ..., отмечен**н**ый" на с. 37, «вопрос о хорошо извест**ен** критерий» на с. 49), повторения слов и пропущенные предлоги («систем **уравнений** **уравнений** комплексными переменными» на с. 63), точка вместо запятой в выражении  $P_1(z,x)$  на с. 25 и 65, номера библиографических ссылок в виде вопросительного знака на с. 10 и 78, запятые в началах строк на с. 59, 71;

### Общее заключение

Диссертация является целостным исследованием фундаментальных методов теории формальных языков. Содержащиеся в ней определения и теоремы и разобранные в ней примеры впервые обосновывают возможность использования развитых методов теорий комплексного анализа и алгебраической геометрии в теории формальных языков, являются сильными и интересными, а её автореферат полно и правильно представляет содержание диссертации. Стоит дополнительно отметить смелость диссертанта и его научного руководителя, не побоявшихся заниматься трудным, принципиальным и важным исследованием в разделе, где нет потока публикаций и, соответственно, где нет возможности «отличиться по объективным критериям наукометрии». Настоятельно рекомендуется диссертанту пробиться в ведущий западный журнал с обзорной статьёй по своим и близким результатам, и не расстраиваться, если и после этого не будет «высокого индекса и фактора».

История науки знает немало примеров, когда ранее хорошо развитые в чистой математике методы дали неожиданно мощный толчок к решению прикладной задачи. Это и методы теории чисел в защите информации, и методы алгебры комплексных чисел в электротехнике и методы функционального анализа в прикладных задачах геофизики.

Продолжит ли представленная диссертация этот список, или же новый подход не приведёт к немедленному бурному развитию теории формальных языков, смогут показать только будущие непростые сравнительные исследования разработанных методов на различных конкретных прикладных задачах, которые настоятельно рекомендуется провести.

Диссертационная работа **Егорушкина Олега Игоревича** «Разрешимость полиномиальных грамматик и синтаксический анализ контекстно-свободных языков на основе коммутативных образов» по поставленным задачам, уровню их решения, актуальности и научной новизне, безусловно, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. No 842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 --- Теоретические основы информатики.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании семинара Исследовательского центра мультипроцессорных систем ИПС РАН 20.11.2018 г., протокол № 3.

Отзыв составили:

главный научный сотрудник  
Исследовательского центра  
системного анализа, д.ф.-м.н.

Сергей Витальевич Знаменский

главный научный сотрудник  
Исследовательского центра  
мультипроцессорных систем, д.ф.-м.н.

Николай Николаевич Непейвода

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт программных систем им. А.К.Айламазяна** Российской академии наук

Юридический/почтовый адрес: 152021, Ярославская область, Переславский район, с. Веськово, ул. Петра Первого, д.4 «а».

Телефон: (4852) 695-228

E-mail: [psi@botik.ru](mailto:psi@botik.ru)