ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.167.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.А. СТЕКЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.03.2024 № 1

О присуждении **Кузнецову Степану Львовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Алгоритмические вопросы для субструктурных логик с итерацией Клини»** на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.5 – математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика принята к защите «16» ноября 2023 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.1.167.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук (119991, г. Москва, ул. Губкина, д.8; приказ № 1838/нк от 26.09.2023). Соискатель Кузнецов Степан Львович, 1988 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук "Категориальные грамматики, основанные на вариантах исчисления Ламбека" защитил в 2012 году в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». С 2013 г. Кузнецов С.Л. работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Математическом институте им. В.А. Стеклова Российской академии наук, в настоящее время в должности старшего научного сотрудника отдела математической логики.

Диссертация подготовлена в отделе математической логики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Артёмов Сергей Николаевич — доктор физико-математических наук, Distinguished Professor, City University of New York, США
(специальность 01.01.06),

Волков Михаил Владимирович — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории комбинаторной алгебры Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
(специальность 01.01.06),

Дудаков Сергей Михайлович — доктор физико-математических наук, доцент, декан факультета прикладной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет»
(специальность 01.01.06),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (г. Москва) в своем положительном заключении, утвержденном и.о. директора ИППИ РАН, чл.-корр. РАН, д.х.н. М.В. Федоровым указала, что диссертация С.Л. Кузнецова «Алгоритмические вопросы для субструктурных логик с итерацией Клини» написана на остро актуальную тему; в ней решен ряд важных и трудных задач об алгоритмических и семантических свойствах субструктурных логических систем, ранее не поддававшихся анализу. Диссертация С.Л. Кузнецова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК. В двух совместных публикациях вклад соискателя ученой степени определяющий, в диссертацию

вошли только результаты, полученные соискателем лично.

1. S. Kuznetsov. *-continuity vs. induction: divide and conquer // In: Proceedings of AiML 2018 / Advances in Modal Logic. Vol. 12. College Publications, London, 2018. P. 493–510.

2. S. Kuznetsov. The logic of action lattices is undecidable // In: Proceedings of 34th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS 2019. IEEE, 2019.

3. С. Л. Кузнецов, Н. С. Рыжкова. Ограниченный фрагмент исчисления Ламбека с операциями итерации и пересечения // Алгебра и логика. 2020. Т. 59. № 2. С. 190–214.

4. S. Kuznetsov. The ‘long rule’ in the Lambek calculus with iteration: undecidability without meets and joins // In: Proceedings of AiML 2020 / Advances in Modal Logic. Vol. 13. College Publications, London, 2020. P. 425–449.

5. S. Kuznetsov. Complexity of commutative infinitary action logic // In: Dynamic Logic. New Trends and Applicatons. DaLí 2020 / Lecture Notes in Computer Science Vol. 12569. Springer, Cham, 2020. P. 155–169.

6. S. Kuznetsov. Action logic is undecidable // ACM Transactions on Computational Logic. 2021. Vol. 22. N. 2. Art. 10.

7. S. Kuznetsov. Complexity of the infinitary Lambek calculus with Kleene star // Review of Symbolic Logic. 2021. Vol. 14. N. 4. P. 946–972.

8. S. L. Kuznetsov. Kleene star, subexponentials without contraction, and infinite computations // Сибирские электронные математические известия. 2021. Т. 18. № 2. С. 905–922.

9. S. L. Kuznetsov. Complexity of a fragment of infinitary action logic with exponential via non-well-founded proofs // In: Automated Reasoning with Analytic Tableaux and Related Methods. Tableaux 2021 / Lecture Notes in Computer Science Vol. 12842. Springer, Cham, 2021. P. 317–334.

10. S. L. Kuznetsov. Relational models for the Lambek calculus with intersection and unit // In: Relational and Algebraic Methods in Computer Science. RAMiCS 2021 / Lecture Notes in Computer Science Vol. 13027. Springer, Cham, 2021. P. 258–274.

11. S. L. Kuznetsov, S. O. Speranski. Infinitary action logic with exponentiation // Annals of Pure and Applied Logic. 2022. Vol. 173. N. 2. Art. 103057.

12. S. L. Kuznetsov. Commutative action logic // Journal of Logic and Computation. 2023. Vol. 33. N. 6. P. 1427–1462.

Других отзывов на диссертацию и автореферат не поступало.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области физико-математических наук, авторами значимых работ по математической логике и в смежных областях.

С.Н. Артёмов является ведущим специалистом по неклассическим логическим системам. Им разработано и исследовано семейство логик с модальностями свидетельства, уточняющими обыкновенные модальности. Среди этих логик выделяются имеющая естественную арифметическую интерпретацию логика доказательств и логика свидетельств для итерированной модальности общего знания, близко родственной к рассматриваемой в диссертации С.Л. Кузнецова итерации Клини. (S. Artëmov. Logic of proofs // Ann. Pure Appl. Logic. – 1994. – Vol. 67. – No. 1–3. – P. 29–59; S. Artemov. Justified common knowledge // Theor. Comput. Sci. – 2006. – Vol. 357. – No. 1–3. – P. 4–22.)

М.В. Волков является признанным исследователем, работающим на стыке теории сложности вычислений, математической логики и алгебры. В том числе, значимые его работы посвящены вопросам синхронизации конечных автоматов, задачам теории полугрупп и универсальной алгебры. (D. Easdown, M.V. Sapir, M.V. Volkov. Periodic elements of the free idempotent generated semigroup on a biordered set // Int. J. Algebra Comput. – 2010. – Vol. 20. – No. 2. – P. 189–194; М.В. Волков. Синхронизация конечных автоматов // Успехи матем. наук. – 2022. – Т. 77. – № 5 (467). – С. 53–130.)

С.М. Дудаков известен своими работами об алгоритмических свойствах логических систем, применяемых в теоретической информатике. В частности, в его работах исследовались теории, связанные с регулярными выражениями, конечными автоматами, разнообразными операторами взятия неподвижной точки. (С.М. Дудаков. Монадические состояния над упорядоченным универсальным случайным

графом и конечные автоматы // Изв. РАН. Сер. матем. – 2011. – Т. 75. – № 5. – С. 47–64; S. Dudakov, B. Karlov. On decidability of theories of regular languages // Theory Comput. Syst. – 2021. – Vol. 65. – No. 3. – P. 462–478.)

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что она широко известна яркими достижениями в математике, в ней работают ряд международно признанных специалистов по математической логике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований решена важная проблема, долго остававшаяся открытой, об алгоритмической неразрешимости эквациональной теории алгебр Клини с делениями; разработаны новые методы, при помощи которых получен ряд интересных результатов о сложности и семантике субструктурных логик с итерацией Клини; очерчены возможные применения данных логических систем к задачам верификации вычислительных систем, работающих в непрерывном цикле.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

— доказана неразрешимость и установлена алгоритмическая сложность инэквациональных теорий коммутативных решёток Клини с делениями, как в *-непрерывном, так и с общем случае: Π^0_1-полнота и Σ^0_1-полнота соответственно;

— доказана неразрешимость и, точнее, Σ^0_1-полнота инэквациональной теории всех решёток Клини с делениями (логики **ACT**);

— приведён явный пример секвенции, выводимой в $\mathbf{ACT}_\omega$, но не **ACT**;

— доказана слабая полнота относительно моделей на алгебрах бинарных отношений для фрагмента логики $\mathbf{ACT}_\omega$ без аддитивной дизъюнкции, в котором итерацию разрешено использовать только в знаменателях (итерированные деления);

— доказано отсутствие слабой полноты относительно моделей на алгебрах бинарных отношений для фрагмента логики $\mathbf{ACT}_\omega$ без аддитивной дизъюнкции, но с итерацией Клини;

— доказана неразрешимость и Π^0_1-трудность фрагмента логики $\mathbf{ACT}_\omega$ без аддитивных операций и с итерированными делениями, т.е. расширения исчисления Ламбека с помощью итерированных делений в инфинитарном случае

(в частности, Π^0_1-трудность исчисления Ламбека с итерацией, аксиоматизированной омега-правилом);

— доказана неразрешимость и Σ^0_1-полнота исчисления Ламбека с итерацией (в индуктивной аксиоматизации), расширенного так называемым правилом декомпозиции итерации;

— установлена невыводимость правила декомпозиции итерации в исчислении Ламбека с итерацией;

— доказана Π^1_1-трудность расширения логики $\mathbf{ACT}_\omega$ с помощью субэкспоненциальной модальности, допускающей правило сокращения (в его нелокальной форме) и построен фрагмент данного исчисления с промежуточной сложностью, между Π^0_2 и Δ^1_1;

— доказана Π^0_1-полнота для логики $\mathbf{ACT}_\omega$ с двумя субэкспоненциальными модальностями, одна из которых допускает правило ослабления, а вторая — правило перестановки, во фрагменте с одним делением, умножением и итерацией.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты диссертации обоснованы строгими математическими доказательствами и получены с корректным использованием методов структурной теории доказательств, теории моделей для неклассических логик и общей теории алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении результатов диссертационного исследования, их апробации на научных семинарах, международных и всероссийских конференциях, в подготовке публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: при перечислении результатов диссертации теории, которые по существу являются эквациональными, названы инэквациональными (что формально верно, но в данном контексте излишне); во введении стоило бы поместить задачи в более широкий контекст, дав обзор смежных результатов о разрешимости эквациональных теорий. Соискатель Кузнецов С.Л. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 14 марта 2024 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение, присудить Кузнецову С.Л. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 12 докторов наук по научной специальности 1.1.5 – математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **21**, против **нет**.

Председатель диссертационного совета
24.1.167.03
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор

Прохоров Юрий Геннадьевич

Ученый секретарь диссертационного совета
24.1.167.03
доктор физико-математических наук

Осипов Денис Васильевич

14 марта 2024 года