

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА МГУ.05.01 ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

**Решение диссертационного совета от 06 октября 2021 г. № 7
о присуждении Часовских Анатолию Александровичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.**

Диссертация «Полнота и выразимость в классах линейных автоматов» по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом 14 июля 2021 года, протокол № 1.

Соискатель **Часовских Анатолий Александрович**, 1959 года рождения, в 1982 году окончил с отличием Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет по кафедре дискретной математики (специальность «Математика», квалификация «математик», диплом Г-1 № 383930);

в 1985 году окончил очную аспирантуру Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет по кафедре дискретной математики (специальность «Математика»);

в 1986 году защитил диссертацию «Вопросы выразимости для линейных автоматов» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика (диплом кандидата наук ФМ № 027827 от 29.04.1987 г.).

Соискатель с 1985 года по настоящее время работает в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова на механико-математическом факультете сначала по кафедре дискретной математики, а с 1993 года по кафедре математической теории интеллектуальных систем (Москва, Ленинские горы, д. 1, Главное здание), с 1993 года – доцент по кафедре математической теории интеллектуальных систем (аттестат доцента ДЦ № 019122 от 24 июля 1996 г.).

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», механико-математический факультет, кафедра математической теории интеллектуальных систем.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор **Кудрявцев Валерий Борисович**, заведующий кафедрой математической теории интеллектуальных систем механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой математики и физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет»,

Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент, директор института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»,

Чечкин Александр Витальевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий и анализа больших данных Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 22 работы, из них **15 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus или RSCI, либо в научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.01.09 -дискретная математика и математическая кибернетика (физико-математические науки).**

1. Часовских А. А. Об алгоритмической разрешимости проблемы полноты для линейных автоматов // Вестник Московского университета сер. 1, мат., мех. – 1986. – № 3. – С. 82–84.

2. Часовских А. А. О выразимости систем с сумматором в классе линейных автоматов // Вестник Московского университета сер. 1, мат., мех. – 1990. – № 4. – С. 31–34.

3. Часовских А. А. О полноте в классе конечных автоматов, вычисляющих некоторые аффинные функции // Интеллектуальные системы. – 2013. – Т. 17, вып. 1–4. – С. 202–205.

4. Часовских А. А. Условия полноты линейно- p -автоматных функций // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2014. – Т. 18, вып. 3. – С. 203–252.

5. Часовских А. А. Проблема A -полноты линейно-автоматных функций над конечным полем // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2014. – Т. 18, вып. 1. – С. 253–257.

6. Часовских А. А. Проблема полноты для класса линейно-автоматных функций // Дискретная математика. – 2015. – Т. 27, № 2. – С. 134–151. (Перевод: Chasovskikh A. A. Completeness problem for the class of linear automata functions // Discrete Mathematics and Applications. – 2016. – Vol. 26, Iss. 2. – Pp. 89–104.)

7. Часовских А. А. Критериальные системы в классах линейно-автоматных функций над конечными полями // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2015. – Т. 19, вып. 3. – С. 195–207.

8. Часовских А. А. Сравнение операторов замыкания в классе линейно-автоматных функций // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2016. – Т. 20, вып. 3. – С. 120–124.

9. Часовских А. А. О полноте в классе линейных 2-адических автоматов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2016. Т. 20, вып. 4. – С. 209–227.

10. Часовских А. А. Проблема полноты в классах линейных автоматов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2018. – Т. 22, вып. 2. – С. 151–154.

11. Часовских А. А. Приведенные критериальные системы предполных классов в классах линейных автоматов над конечными полями // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2018. Т. 22, вып. 4. – С. 115–134.

12. Часовских А. А. О числе максимальных надклассов в классе линейных автоматов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2019. – Т. 23, вып. 3. – С. 81–84.

13. Часовских А. А. О классах передаточных функций линейных автоматов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2019. – Т. 23, вып. 3. – С. 135–142.

14. Часовских А. А. Максимальные подклассы в классах линейных автоматов над конечными полями // Дискретная математика. – 2019. – Т. 31, № 4. – С. 88–101. (Перевод: Chasovskikh A. A. Maximum subclasses in classes of linear automata over finite fields // Discrete Mathematics and Applications. – 2020. – Vol. 30, Iss. 6. – Pp. 365–374.)

15. Часовских А. А. Классы линейных p -автоматов с операциями суперпозиции // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. – 2021. – Т. 25, вып. 2. – С. 155–156.

На автореферат **поступил 1 отзыв, он – положительный.**

Выбор официальных оппонентов обусловлен тем обстоятельством, что они являются специалистами в области дискретной математики и математической кибернетики и активно работают в этой области.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация А.А. Часовских, представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены решения давно поставленной проблемы и ряда трудных задач. В диссертационном исследовании разработаны теоретические положения, совокупность которых представляет собой крупное научное достижение.

Основным результатом диссертации является разрешение проблемы полноты для классов линейных автоматов над конечными полями, рассматриваемых вместе с операциями композиции (суперпозиции и обратной связи), полученное с использованием уже ставшего классическим для исследования полноты в классах управляющих систем метода предполных классов.

Диссертация представляет собой **самостоятельное законченное исследование**, обладающее внутренним единством. Перечисленные далее положения, которые выносятся на защиту, являются актуальными, новыми, практически значимыми. Результаты диссертации представляют **личный вклад** её автора в разрешение важной научной проблемы полноты и выразимости в классах линейных автоматов.

1. Для всех классов линейных автоматов над конечными полями, рассматриваемых вместе с операциями композиции, являющимися содержательными подклассами соответствующих классов конечных автоматов, найдены все предполные классы, множества которых счетны.
2. Для всех классов линейных автоматов над конечными полями в терминах предполных классов разработан алгоритм проверки полноты конечных подмножеств, имеющий полиномиальную временную сложность от нескольких параметров. Таким образом, разрешена проблема полноты для рассматриваемых классов, стоявшая с 1986 года.

3. Показано, что алгебры одноместных линейных автоматов над конечными полями, сохраняющих нулевую последовательность, рассматриваемые вместе с операциями, индуцированными операциями композиции в многоместном случае, составляют подкольцо трансцендентного расширения поля Галуа. В этой алгебре, которая используется как при исследовании полноты по операциям композиции, так и при решении задач выразимости в случае операций композиции и оператора аппроксимационного замыкания, найдены все максимальные собственные подалгебры.
4. В классе линейных автоматов над полем из двух элементов с операциями композиции решена задача выразимости через конечные множества, содержащие сумматор, а также задача выразимости сумматора через конечные множества. Для этого в алгебре одноместных линейных автоматов, выделено счетное семейство замкнутых классов, каждый из которых не содержит единицу. Показано, что каждому замкнутому множеству линейных автоматов, содержащему сумматор, соответствует (в некотором смысле) единственное замкнутое подмножество в указанной алгебре одноместных автоматов, которое не содержится ни в одном из классов указанного семейства или, что равносильно, не содержит единицу. Найдена структура каждой подалгебры алгебры одноместных линейных автоматов, которая зависит от включения или не включения этой подалгебры в одну из максимальных собственных подалгебр. Результаты, полученные соискателем для алгебры одноместных автоматов, позволили ему определить структуру конечнопорожденных невырожденных замкнутых по операциям композиции классов, содержащих сумматор от трех переменных.
5. Показано, что множество аппроксимационно замкнутых подалгебр алгебры одноместных линейных автоматов, сохраняющих нулевую последовательность, является счетным, а каждый его элемент конечнопорожден. Получен алгоритм проверки аппроксимационной выразимости через конечные подмножества этой алгебры одноместных линейных автоматов.
6. Получен алгоритм проверки аппроксимационной выразимости через конечные подмножества класса линейных автоматов над полем из двух элементов, содержащих существенный автомат (автомат, имеющий два или более непосредственных входа, то есть входа, от значения которого выход автомата зависит в начальный момент), а также все константы в аппроксимационном замыкании. Показано, что любое невырожденное множество линейных автоматов при наличии существенного автомата содержит конечное подмножество, возможность аппроксимационной выразимости всех констант через которое равносильна их аппроксимационной выразимости через исходное множество. Найден

алгоритм проверки аппроксимационной выразимости всех констант через конечные множества линейных автоматов, содержащие существенный автомат.

7. Получены достаточные условия для возможности проверки аппроксимационной выразимости через конечные множества линейных автоматов. При некоторых естественных ограничениях на множества линейных автоматов найдено необходимое и достаточное условие совпадения операторов замыкания по композиции и аппроксимационного замыкания.
8. Для множества линейных автоматов над полем из двух элементов вместе с операциями суперпозиции найдены все предполные классы, количество которых оказалось счетным. Найденное множество предполных классов составляет приведенную критериальную систему по операциям суперпозиции.
9. В классе линейных 2-адических автоматов, рассматриваемых вместе с операциями композиции, при использовании декомпозиции многоместных автоматов в сумму одноместных, построена счетная критериальная система, состоящая из всех предполных классов.

Достоверность результатов исследования гарантируются следующими факторами:

- все результаты диссертации имеют законченный характер и снабжены строгими математическими доказательствами;

- установлено, что все результаты диссертации являются новыми, а результаты других авторов, упомянутые в диссертации, отмечены соответствующими ссылками;

- результаты диссертации прошли многократную апробацию на всероссийских и международных конференциях и на научных семинарах в МГУ имени М.В. Ломоносова.

Разрешение проблемы полноты и решение задач выразимости в классах линейных автоматов получено с использованием разработанного автором метода редукции к алгебраическим структурам, позволяющим преодолеть ряд ограничений, накладываемых возможностями применения операций композиции к автоматам. Представляет интерес полученный и многократно использованный в работе метод дублирования одноместных компонент разложения автоматов из рассмотренных классов.

На заседании 6 октября 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Часовских А.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.01.09 – дискретная

математика и математическая кибернетика, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 25, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя
диссертационного совета, доктор
физико-математических наук,
профессор

Васенин Валерий Александрович

Учёный секретарь диссертационного
совета, кандидат физико-
математических наук

Кривчиков Максим Александрович

06 октября 2021 года