**Заключение диссертационного совета МГУ.01.17**

**по диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук**

**Решение диссертационного совета от 24 сентября 2021 г. Протокол № 3**

**О присуждении Сергееву Игорю Сергеевичу учёной степени доктора физико-математических наук**

Диссертация «Некоторые вопросы синтеза параллельных схем» по специальности 01.01.06 – «математическая логика, алгебра и теория чисел» принята к защите диссертационным советом 25 июня 2021 года, протокол № 3П.

Соискатель Сергеев Игорь Сергеевич, 1981 года рождения, в 2004 году окончил с отличием механико-математический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. В 2007 году окончил очную аспирантуру по кафедре дискретной математики механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «О реализации некоторых операций в конечных полях схемами логарифмической глубины» защитил в 2007 году в диссертационном совете Д 501.001.84 при МГУ имени
М.В. Ломоносова.

Соискатель работает в должности начальника лаборатории в Федеральном государственном унитарном предприятии «Научно-исследовательский институт «Квант».

Диссертация выполнена в ФГУП «Научно-исследовательский институт «Квант».

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Гашков Сергей Борисович, профессор кафедры дискретной математики механико-математического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

-Аблаев Фарид Мансурович, доктор физико-математических наук, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет, заведующий кафедрой теоретической кибернетики;

- Ложкин Сергей Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математической кибернетики факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова;

- Посыпкин Михаил Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», заместитель директора по научной работе, дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 59 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 27 работ, из них 16 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.01.06 – «математическая логика, алгебра и теория чисел» (физико-математические науки):

1. Гашков С. Б., Сергеев И. С. О сложности линейных булевых операторов с редкими матрицами. Дискретный анализ и исследование операций. 2010. Т. 17. №3. 3-18. Перевод: Gashkov S.B., Sergeev I.S. On the complexity of linear Boolean operators with thin matrices. Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2011. V. 5, №2, 202-211. [Scopus SJR 2019: 0.2]

Автору принадлежат примеры из пар. 2-3, отвечающие на основной вопрос, и их анализ.

2. Гринчук М. И., Сергеев И. С. Редкие циркулянтные матрицы и нижние оценки сложности некоторых булевых операторов. Дискретный анализ и исследование операций. 2011. Т. 18. №5. 38-53. [RSCI; РИНЦ 2019: 0.245]

Автору принадлежит технический результат пар. 3, а также следствия 3 и 4.

3. Сергеев И. С. О минимальных параллельных префиксных схемах. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика. 2011. №5. 48-51. Перевод: Sergeev I.S. Minimal parallel prefix circuits. Moscow University Mathematics Bulletin. 2011. V. 66, №5, 215-218. [Scopus SJR 2019: 0.2]

4. Гашков С. Б., Сергеев И. С. Об одном методе получения нижних оценок сложности монотонных арифметических схем, вычисляющих действительные многочлены. Математический сборник. 2012. Т. 203. №10. 33-70. Перевод: Gashkov S.B., Sergeev I.S. A method for deriving lower bounds for the complexity of monotone arithmetic circuits computing real polynomials. Sbornik: Mathematics. 2012. V. 203, №10, 1411-1447. [WoS 2019: 0.8; Scopus SJR 2019: 0.39]

Автору принадлежат лемма 13, теорема 4 и следствия из них (следствие 1, теорема 5 в общей формулировке).

5. Jukna S., Sergeev I. Complexity of linear boolean operators. Foundations and Trends in Theoretical Computer Science. 2013. V. 9. №1. 1-123. [Scopus SJR 2019: 1.33]

Автору принадлежат результат пар. 5.5 и пример в конце пар. 5.6.

6. Сергеев И. С. Верхние оценки глубины симметрических булевых функций. Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика. 2013. №4. 39-44. Перевод: Sergeev I.S. Upper bounds on the depth of symmetric Boolean functions. Moscow University Computational Mathematics and Cybernetics. 2013. V. 37. №4. 195-201. [Scopus SJR 2019: 0.15]

7. Сергеев И. С. Верхние оценки сложности формул для симметрических булевых функций. Известия высших учебных заведений. Математика. 2014. №5. 38-52. Перевод: Sergeev I.S. Upper bounds for the formula size of symmetric Boolean functions. Russian Mathematics. 2014. V. 58. №5. 30-42. [Scopus SJR 2019: 0.4]

8. Сергеев И. С. О сложности и глубине формул для симметрических булевых функций. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика. 2016. №3. 53-57. Перевод: Sergeev I.S. Complexity and depth of formulas for symmetric Boolean functions. Moscow University Mathematics Bulletin. 2016. V. 71, №3, 127-130. [Scopus SJR 2019: 0.2]

9. Сергеев И. С. Верхние оценки сложности и глубины формул для MOD-функций. Дискретная математика. 2016. Т. 28. Вып. 2. 108-116. Перевод: Sergeev I.S. Upper bounds for the size and the depth of formulae for MOD-functions. Discrete Mathematics and Applications. 2017. V. 27. №1. 15-22. [Scopus SJR 2019: 0.16]

10. Сергеев И. С. Вентильные схемы ограниченной глубины. Дискретный анализ и исследование операций. 2018. Т. 25. №1. 120-141. Перевод: Sergeev I.S. Rectifier circuits of bounded depth. Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2018. V. 12, №1, 153-166. [Scopus SJR 2019: 0.2]

11. Сергеев И. С. О сложности схем и формул ограниченной глубины над базисом из многовходовых элементов. Дискретная математика. 2018. Т. 30. Вып. 2. 120-137. Перевод: Sergeev I.S. On the complexity of bounded-depth circuits and formulas over the basis of [unbounded] fan-in gates. Discrete Mathematics and Applications. 2019. V. 29. №4. 241-254. [Scopus SJR 2019: 0.16]

12. Сергеев И. С. О соотношении между глубиной и сложностью монотонных булевых функций. Дискретный анализ и исследование операций. 2019. Т. 26. №4. 108-120. Перевод: Sergeev I.S. On a relation between the depth and complexity of monotone Boolean functions. Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2019. V. 13, №4, 746-752. [Scopus SJR 2019: 0.2]

13. Сергеев И. С. О сложности монотонных схем для пороговых симметрических булевых функций. Дискретная математика. 2020. Т. 32. Вып. 1. 81-109. [RSCI; РИНЦ 2019: 0.447]

14. Сергеев И. С. Многоярусное представление и сложность схем из многовходовых элементов. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика. 2020. №3, 42-46. Перевод: Sergeev I.S. Multilevel representation and complexity of circuits of unbounded fan-in gates. Moscow University Mathematics Bulletin. 2020. V. 75, №3, 121-125. [Scopus SJR 2019: 0.2]

15. Сергеев И. С. О верхней границе сложности сортировки. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021. Т. 61, №2, 345-362. Перевод: Sergeev I. S. On the upper bound of the complexity of sorting. Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2021, V. 61, №2, 329–346. [WoS 2019: 0.565; Scopus SJR 2019: 0.51]

16. Сергеев И. С. Формульная сложность линейной функции в k-арном базисе. Математические заметки. 2021. Т. 109, вып. 3, 419-435. Перевод: Sergeev I. S. Formula complexity of a linear function in a k-ary basis. Mathematical Notes. 2021. V. 109, No. 3, 445-458. [WoS 2019: 0.626; Scopus SJR 2019: 0.37]

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в областях, близких к теме диссертации, и наличием публикаций по специальности 01.01.06 – «математическая логика, алгебра и теория чисел».

**Полученные результаты могут найти применение** в теоретических исследованиях закономерностей синтеза параллельных схем. Часть результатов имеет прикладной потенциал в проектировании электронных схем или практике быстрых вычислений.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук является **научно-квалификационной работой**, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Автором диссертации разработаны новые методы, которые существенно расширяют математический аппарат теории синтеза параллельных схем. Предложенные методы позволили автору решить ряд открытых проблем, известных с середины 20-го столетия, в частности, проблему строгой равномерности булева базиса арифметического типа, проблему асимптотически оптимального синтеза вентильных схем в ограниченной глубине, проблему предельной плотности минимальных параллельных префиксных схем, проблему точности теоретико-информационной оценки сложности сортировки.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством.

**Положения, выносимые на защиту**, свидетельствуют о личном вкладе автора в науку и содержат новые научные результаты:

1. Первая нетривиальная нижняя оценка константы равномерности монотонного булева базиса.

2. Методы синтеза эффективных по глубине или сложности формул для симметрических булевых функций, основанные на применении модулярной арифметики и приближенного суммирования.

3. Метод синтеза эффективных по глубине или сложности формул для элементарных периодических симметрических функций, основанный на сведении к задаче о покрытии.

4. Метод доказательства нижних оценок сложности функций при реализации формулами в базисе k-местных функций, основанный на применении специальных мер сложности двудольных графов.

5. Решение задачи об асимптотически оптимальном синтезе вентильных схем глубины 3 в общем случае.

6. Точное значение сложности минимальной универсальной префиксной схемы глубины n на 2n входах; верхние оценки сложности префиксных схем при различных ограничениях на глубину, и отдельно для префиксных XOR-схем.

7. Метод оптимального синтеза схем и формул глубины 3 из многовходовых элементов (типа конъюнкций, дизъюнкций) и отрицаний, основанный на построении специальных покрытий булева куба.

8. Решение задачи о сортировке за минимальное число сравнений в асимптотическом смысле с высокой точностью.

**На заседании 24 сентября 2021 года, протокол № 3, диссертационный совет принял решение присудить Сергееву Игорю Сергеевичу учёную степень доктора физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 доктора наук по специальности 01.01.06 – «математическая логика, алгебра и теория чисел», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

|  |  |
| --- | --- |
| Председатель диссертационного совета МГУ.01.17д. ф.-м. н., профессор Чубариков В. Н. |   \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| Учёный секретарь диссертационного совета МГУ.01.17д. ф.-м. н., доцент Чирский В. Г.«24» сентября 2021 г. |   \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |