**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на диссертационную работу

*Ефимова Алексея Андреевича*

«ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ СХЕМ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.5 – математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика.

Диссертация Ефимова Алексея Андреевича представляет собой исследование в области теории управляющих систем. В работе автором рассматривается задача оценки мощности и сложности объёмных схем, реализующих булевы функции и операторы, а также задача синтеза объёмных схем, обладающих оптимальными по порядку роста характеристиками. Эта проблема является актуальной и важной в контексте современных технологий и вычислительной техники. Данная диссертационная работа является развитием исследования мощности плоских схем. В ней перенесены на трёхмерный случай и доработаны методы синтеза плоских схем, а также методы получения нижних оценок мощности.

Мерой мощности объёмных схем, исследуемой в диссертационной работе, является потенциал, который играет роль "энергии" необходимой для вычисления значения на выходах схемы на одном входном наборе. Средний (соотв., максимальный) потенциал схемы определяется средним (соотв., максимальным) количеством единиц на входах и выходах элементов схемы, где среднее или максимум берётся по всем допустимым входным наборам.

Целью диссертационной работы является исследование функции Шеннона мощности объёмных схем, реализующих булевы функции и операторы, а также частичные булевы операторы. Важно было понять, как отличается мощность объёмных схем от мощности плоских схем для большинства булевых операторов. Другой целью было определить, насколько ограничение на расположение выходов схемы влияет на мощность.

В рамках поставленной задачи автором проводится анализ и синтез объемных схем, реализующих булевы функции и операторы. В работе рассматриваются верхние и нижние оценки функции Шеннона для булевых функций и операторов, реализуемых объёмными схемами. Отдельное внимание уделяется классу объёмных схем с близкими выходами, для которого также получены верхние и нижние оценки функции Шеннона.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется постановка задачи, приводятся основные результаты.

Первая глава диссертационной работы основана на статьях автора и посвящена верхним оценкам функции Шеннона для булевых функций и операторов, реализуемых объёмными схемами. Автор представляет универсальный метод синтеза, позволяющий построить для любой булевой функции или оператора объёмную схему с оптимальным порядком сложности и потенциала. В целом, результаты этого раздела ожидаемы, и полученные оценки аналогичны оценкам для плоского случая.

Вторая глава диссертационной работы, результаты которой опубликованы в статье автора, полностью посвящена нижней оценке функции Шеннона потенциала для частичных булевых операторов. Доказательство этой нижней оценки является наиболее технически сложным в диссертации. Для доказательства вводится модифицированная версия метода расслоения, ранее применявшегося для получения нижних оценок потенциала для плоских схем. Эта модификация позволила справиться с частью технических трудностей, приводивших к необходимости рассмотрения дополнительных случаев в доказательстве нижней оценки для плоских схем. Введённый в работе метод непрерывного расслоения может в будущем быть полезен и для упрощения доказательства в плоском случае.

Отметим также, что несмотря на то, что сама нижняя оценка для объёмных схем выглядит аналогично оценке для плоских схем, геометрическая часть доказательства оказалась в разы сложнее, чем в плоском случае.

В третьей главе диссертационной работы рассматривается класс объёмных схем с близкими выходами. Для него получены нижняя и верхняя оценка функции Шеннона потенциала объёмных схем, совпадающие по порядку. Отметим, что для плоского случая верхние оценки для схем с близкими выходами не были исследованы ранее, и методы из данной главы могут быть в будущем применены для получения порядка роста функции Шеннона для плоских схем с близкими выходами.

Работа носит теоретический характер и может быть полезна для дальнейших исследований в данной области. Все результаты диссертации являются новыми, чётко сформулированы и снабжены полными доказательствами. По теме диссертации автором опубликовано 4 научных статьи в рецензируемых научных изданиях, определенных п.2.3 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова.

На основе вышесказанного можно сделать вывод о том, что диссертация «Оценки энергопотребления объёмных схем» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор, Ефимов Алексей Андреевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.5 – математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика.

Научный руководитель,

кандидат физико-математических наук, Г.В. Калачев

 \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Почтовый адрес: 119234, Москва, Ленинские горы, д.1, МГУ, механико-математический факультет, кафедра математической теории интеллектуальных систем

Телефон: +7(495) 939-46-37

E-mail: gleb.kalachev@yandex.ru

Подпись Г.В. Калачева удостоверяю

Декан механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

доктор физико-математических наук,

член-корр. РАН А.И. Шафаревич