

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертацию Антюфеева Григория Валерьевича
«Оценки длин минимальных тестов для аргументов функций при
подстановке констант, алгебраических операциях и сдвигах»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 –
«Теоретическая информатика, кибернетика»
(физико-математические науки)

Изучение длин минимальных тестов для булевых функций, реализуемых находящимися под действием источников неисправностей логическими схемами, представляет собой важное направление теории надежности и контроля управляющих систем — одного из ключевых разделов математической кибернетики. В диссертации Г.В. Антюфеева исследуются актуальные как с теоретической, так и с практической точек зрения вопросы оценивания функций Шеннона длин тестов и выделения классов легкотестируемых функций при неисправностях некоторых классов на входах схем.

В период подготовки диссертации Антюфеев Г.В. являлся аспирантом очного обучения кафедры математической кибернетики факультета ВМК МГУ (2011–2014 гг.), работал по совместительству на 0.25 ставки инженера I категории в лаборатории дискретных управляющих систем и их приложений при кафедре математической кибернетики; в настоящее время работает по совместительству на 0.5 ставки инженера I категории в этой же лаборатории.

Диагностическим (проверяющим) тестом для реализуемой схемой S функции алгебры логики f называется всякое такое множество наборов значений аргументов этой функции, которое позволяет определить вид неисправности (соответственно распознать наличие неисправности) в схеме S с точностью до равенства функций. В случае неисправностей на входах схем схемное представление функции f является несущественным. Под функцией Шеннона длины теста понимается функция целого неотрицательного аргумента n , представляющая собой минимально возможное количество наборов в тесте для самой труднотестируемой булевой функции f от n переменных. Функция Шеннона длины теста является одним из способов описания тестовых свойств множества булевых функций в целом.

Ясно, что длина минимального теста представляет собой сложностную характеристику логической схемы (при этом классы логических схем являются формализациями понятия алгоритма). С другой стороны, логические схемы (например, схемы из функциональных элементов) представляют собой частный случай конечных автоматов. Таким образом, представленная Г.В. Антюфеевым диссертация вполне соответствует специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика» (физико-математические науки).

Теоретические исследования тестов для логических схем, начавшиеся в

середине 1950-х годов с работ С.В. Яблонского и И.А. Чегис, активно продолжаются по сей день, что определяет актуальность темы диссертации. Оценки функций Шеннона длин тестов относительно неисправностей на входах схем имеются в работах таких отечественных и зарубежных исследователей как К.Д. Вайс, В.Н. Носков, Д.Г. Куль, С.М. Редди, А.П. Горяшко, Н.Н. Глазунов, Г.Р. Погосян, И.А. Кузнецов, Е.В. Морозов, К.А. Попков, А.А. Икрамов, В.К. Курбацкая, М.А. Лопунов и др. Практическая значимость диссертационного исследования Г.В. Антюфеева состоит в том, что тестовая проблематика теоретического анализа функционирования логических схем определенным образом соотносится с проблематикой тестирования логических частей сверхбольших интегральных схем (СБИС), так что сугубо теоретические результаты диссертации могут представлять интерес не только для специалистов по теории надежности и контроля дискретных управляющих систем, но и (справочно) для разработчиков и тестировщиков СБИС.

Цель диссертации состоит в получении оценок функций Шеннона длин диагностических и проверяющих тестов при неисправностях некоторых типов на входах схем (константные неисправности, сдвиги, «алгебраические» неисправности специального вида).

Структура диссертации такова: «Введение», «Глава 1. О тестах относительно константных неисправностей на входах схем», «Глава 2. О тестах относительно источников неисправностей над кольцами», «Глава 3. О тестах относительно сдвигов аргументов на входах схем», «Заключение», список литературы.

В состоящем из четырех разделов «Введении» описывается предметная область диссертации, приводится обзор смежных с тематикой диссертации результатов, вводятся необходимые определения и обозначения, формулируются полученные в диссертации результаты.

В первой главе рассматриваются «классические» константные неисправности на входах схем. В первом разделе приводятся новые оценки функции Шеннона длины диагностического теста относительно локальных k -кратных константных неисправностей на входах схем. При различных ограничениях на k и число переменных n получены асимптотика двоичного логарифма указанной функции Шеннона и порядок роста этой функции Шеннона. При этом, в частности, удалось получить рекордную нижнюю оценку функции Шеннона длины диагностического теста относительно константных неисправностей на входах схем. Во втором разделе приводятся новые оценки функции Шеннона длины проверяющего теста относительно локальных k -кратных константных неисправностей на входах схем, при некоторых ограничениях устанавливается асимптотическое поведение данной функции Шеннона.

В состоящей из двух разделов второй главе исследуются неисправности «алгебраического» типа, связанные с кольцами и с определенными на них булевыми (или иными дискретными) функциями. Первый раздел содержит необходимые определения и обозначения. Во втором разделе доказывается утверждение о порядке роста одной специальной функции шенноновского типа длины диагностического теста при таких «мультипликативных» неисправностях, а также выделяется (на языке неодинаковости всех столбцов в таблице неисправности для каждого из соответствующих различным аддитивным элементам источников неисправностей) специальный класс диагностически легкотестируемых булевых функций.

В состоящей из двух разделов третьей главе рассматриваются сдвиговые неисправности, заключающиеся в увеличении индексов всех переменных на некоторую одну и ту же величину и в забивании какими-то константами всех тех переменных, чьи индексы оказались больше общего числа переменных n . Первый раздел содержит определения и обозначения. Во втором разделе устанавливается точное значение функции Шеннона длины проверяющего теста, определяется порядок роста функции Шеннона длины диагностического теста, с точностью до аддитивной единицы находится значение функции Шеннона длины диагностического теста относительно сдвигов на k позиций, доказывается линейность по числу переменных n функции Шеннона длины диагностического теста относительно сдвигов на любое число позиций с произвольным фиксированным замещающим набором. В третьем разделе доказывается утверждение об одном классе легкотестируемых функций.

В «Заключении» формулируются итоги проделанной диссертантом работы, делаются обобщающие выводы, а также очерчиваются дальнейшие перспективы.

Таким образом, в диссертации получены следующие основные результаты.

1. Оценки функции Шеннона длины диагностического теста при k -кратных константных неисправностях на входах схем (при различных ограничениях на k и n дающие асимптотику двоичного логарифма указанной функции Шеннона и порядок роста этой функции Шеннона). Получена новая нижняя оценка функции Шеннона длины диагностического теста при константных неисправностях на входах схем.
2. Асимптотически точные при некоторых ограничениях на n и k оценки функции Шеннона длины проверяющего теста относительно k -кратных константных неисправностей на входах схем.
3. Порядок роста функции Шеннона длины диагностического теста

относительно мультипликативного источника неисправностей над специальным кольцом, порядок которого есть степень двойки.

4. Утверждение о диагностической легкотестируемости булевых функций с отделимыми таблицами неисправностей относительно мультипликативных источников неисправностей с любыми аддитивными элементами.
5. Точное значение функции Шеннона длины проверяющего теста относительно произвольных сдвигов аргументов.
6. Порядок роста функции Шеннона длины диагностического теста относительно произвольных сдвигов аргументов.
7. Найденное с точностью до 1 значение функции Шеннона длины диагностического теста относительно произвольных сдвигов аргументов на k позиций влево.
8. Порядок роста функции Шеннона длины диагностического теста относительно сдвигов аргументов влево с произвольным фиксированным замещающим набором.
9. Достаточное условие диагностической легкотестируемости булевой функции относительно сдвигов аргументов влево с фиксированным замещающим набором.

Достоверность полученных результатов обосновывается приведенными в диссертации строгими математическими доказательствами, построенными с применением методов дискретной математики и математической кибернетики. Основные результаты, полученные в диссертации, излагались на международных и всероссийских конференциях и научно-исследовательских семинарах, и опубликованы в 8 работах, из которых 4 представляют собой статьи в рецензируемых журналах, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования "eLibrary Science Index".

Все основные результаты, выносимые на защиту, получены Г.В. Антюфеевым самостоятельно. В работах, написанных в соавторстве с Д.С. Романовым, Д.С. Романову принадлежит постановка задачи.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми.

Диссертация носит теоретический характер и представляет собой цельное законченное исследование. Разработанные в диссертации методы и полученные в ней результаты могут использоваться в теории надежности и контроля дискретных управляющих систем, доказанные утверждения могут излагаться в математических специальных курсах университетов.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.2.3 – «Теоретическая

информатика, кибернетика» (физико-математические науки): полученные в ней результаты соотносятся с разделами «Теория сложности алгоритмов и вычислений (физико-математические науки)» и «Теория автоматов (физико-математические науки)» указанного паспорта специальности.

Диссертация представляется к защите впервые.

Считаю, что диссертация Григория Валерьевича Антюфеева «Оценки длин минимальных тестов для аргументов функций при подстановке констант, алгебраических операциях и сдвигах» соответствует определенным в пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова критериям и оформлена согласно приложениям № 5–6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, и рекомендую ее к защите в диссертационном совете МГУ.012.3 ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика» (физико-математические науки).

Научный руководитель, профессор кафедры
математической кибернетики факультета
ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, д. ф.-м. н.

Д.С. Романов

02 августа 2024 года

Контактные данные. ФИО: Романов Дмитрий Сергеевич.

Ученая степень: доктор физико-математических наук. Ученое звание: доцент.

E-mail: romanov@cs.msu.ru, тел.: 8 (495) 939-17-72 (р.).

Специальность, по которой Д.С. Романовым была защищена докторская диссертация: 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика (физико-математические науки).

Адрес места работы: 119234, Москва, Ленинские горы, дом 1, стр. 52, МГУ имени М.В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, факультет ВМК, кафедра математической кибернетики. Должность: профессор кафедры математической кибернетики.

Подпись Романова Дмитрия Сергеевича заверяю.

Декан факультета ВМК МГУ
имени М.В. Ломоносова, академик РАН

И.А. Соколов