

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.120.01,
созданного на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института системного программирования им. В.П. Иванникова
Российской академии наук
Министерства науки и высшего образования РФ
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 13 июня 2024 года № 2024/08

О присуждении Кучукову Виктору Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методов и программных средств повышения производительности отказоустойчивых вычислительных систем, работающих в модулярном коде» по специальности 2.3.5 – «математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 12 апреля 2024, протокол № 2024/05 диссертационным советом 24.1.120.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук (ведомственная принадлежность: Министерство науки и высшего образования РФ; адрес: 109004, г. Москва, ул. А. Солженицына, дом 25), создан Приказом Минобрнауки России о советах по защите докторских и кандидатских диссертаций от 2 ноября 2012 г. № 714/нк.

Соискатель Кучуков Виктор Андреевич, 1990 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». В 2018 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Работает младшим научным сотрудником в отделе теоретико-числовых систем регионального научно-образовательного математического центра «Северо-Кавказский центр математических исследований» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» (ведомственная принадлежность: Министерство науки и высшего образования РФ).

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова и отделе теоретико-числовых систем РНОМЦ «Северо-Кавказский центр математических исследований» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» (ведомственная принадлежность: Министерство науки и высшего образования РФ).

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Бабенко Михаил Григорьевич, заведующий кафедрой вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», заведующий отделом теоретико-числовых систем РНОМЦ «Северо-Кавказский центр математических исследований» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Официальные оппоненты:

1. Соловьев Роман Александрович, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заместитель генерального директора по инновационной деятельности ООО «АльфаЧип»,
2. Феокистов Александр Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории параллельных и распределенных вычислительных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону в своем положительном заключении, подписанном Угольницким Геннадием Анатольевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой прикладной математики и программирования института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», указала, что диссертационная работа содержит новые научные результаты, имеющие существенное значение для науки и практики.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в сфере исследований, соответствующей теме диссертации, и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Соискатель имеет 78 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 31 работа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.

Все результаты диссертационного исследования получены лично автором. Из результатов работ, выполненных коллективно, в диссертацию включены только полученные непосредственно автором. В опубликованных научных работах автором рассмотрены проблемы вычисления позиционных характеристик числа и предложена модификация метода вычисления позиционной характеристики на основе обобщенной позиционной системы счисления. Предложено уточнение разрядности коэффициентов приближенного метода на основе Китайской теоремы об остатках для сравнения чисел. Предложен алгоритм для построения монотонной функции ядра Акушского без критических ядер для сравнения чисел. В опубликованных научных работах автором рассмотрены особенности распределенного хранения и обработки данных с возможностью обнаружения и коррекции ошибок, предложен приближенный метод коррекции одиночной ошибки в системе остаточных классов (СОК) с одним надежным контрольным модулем. Автором разработан

комплекс вычислительных узлов распределенной среды для выполнения модифицированных методов и алгоритмов вычисления немодульных операций в СОК, полученный с использованием программного комплекса для выполнения немодульных операций в СОК, на который получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Кучуков, В.А. Реализация фильтра повышения резкости в системе остаточных классов на FPGA / В.А. Кучуков, Н.И. Червяков // Инфокоммуникационные технологии. – 2015. – Т. 13, №.4. – С. 361-365.
2. Разработка нового нейросетевого метода вычисления модульного умножения в системе остаточных классов / Н.И. Червяков, М.Г. Бабенко, А.Н. Черных [и др.] // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2016. – №. 10. – С. 41-48.
3. Исследование эффективных методов перевода чисел из системы остаточных классов в позиционную систему счисления на FPGA / Н.И. Червяков, В.А. Кучуков, Н.Н. Кучеров, Н.Н. Кучукова // Современная наука и инновации. – 2017. – №. 3. – С. 46-52.
4. Эффективное сравнение чисел в системе остаточных классов на основе позиционной характеристики / М.Г. Бабенко, А.Н. Черных, Н.И. Червяков [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. – 2019. – Т. 31, № 2. – с.187-202.
5. Positional Characteristics for Efficient Number Comparison over the Homomorphic Encryption / M. Babenko, A. Tchernykh, N. Chervyakov [et al.] // Programming and Computer Software. – 2019. – Т. 45, №. 8. – С. 532-543.
6. Модификация алгоритма обнаружения и локализации ошибки в системе остаточных классов / А. Гладков, В. Кучуков, М. Бабенко [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. – 2022. – Т. 34. – №. 3. – С. 75-88.

7. Babenko, M. Improved modular division implementation with the Akushsky core function / M. Babenko, A. Tchernykh, V. Kuchukov // *Computation*. – 2022. – Т. 10. – № 1. – С. 9
8. Performance Analysis of Hardware Implementations of Reverse Conversion from the Residue Number System / V. Kuchukov, D. Telpukhov, M. Babenko [et al.] // *Applied Sciences*. – 2022. – Т. 12. – №. 23. – С. 12355.
9. Modified Error Detection and Localization in the Residue Number System / A. Gladkov, V. Kuchukov, M. Babenko [et al.] // *Programming and Computer Software*. – 2022. – Т. 48. – №. 8. – pp. 598-605.
10. Kuchukov, V. Study of a Redundant Residue Number System for Single Error Correction / V. Kuchukov, M. Babenko, S. Al-Galda // *Advances in Systems Science and Applications*. – 2023. – Т. 23. – №. 04. – С. 31-39.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны и модифицированы методы и алгоритмы вычисления позиционной характеристики числа для перевода в позиционную систему счисления, определения знака числа, сравнения чисел, представленных в системе остаточных классов;
- разработаны и модифицированы методы коррекции ошибок распределенной обработки и хранения информации в системе остаточных классов;
- разработан комплекс программ для выполнения немодульных операций вычислительными узлами распределенной среды, позволяющий повысить скорость и отказоустойчивость решения задач распределенной обработки данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- произведена модернизация метода перевода чисел из системы остаточных классов в позиционную систему счисления на основе модифицированной обобщенной позиционной системы счисления, что позволило за счет сокращения количества операций в среднем сократить время вычислений на 15% по сравнению с обобщенной позиционной системой счисления и за счет уменьшения размеров операндов сократить используемую площадь в

среднем на 23% по сравнению с приближенным методом на основе Китайской теоремой об остатках;

- доказана теорема об оценке необходимой точности округления констант строго возрастающей приближенной функции на основе Китайской теоремы об остатках для сравнения чисел, представленных в системе остаточных классов, позволяющая сократить размерность операнд и повысить производительность в среднем на 10%;
- получена модификация функции ядра Акушского без критических ядер, на основе которой построен алгоритм сравнения чисел и определения знака числа, позволяющий повысить точность вычислений за счет модуля специального вида целочисленных коэффициентов, что приводит в среднем к 15% сокращению времени вычислений;
- доказана теорема о применимости несбалансированной системы остаточных классов для обнаружения и исправления ошибок, что для приближенного метода на основе Китайской теоремы об остатках позволяет при сопоставимом времени вычисления на 17% сократить используемую площадь вычислительных узлов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанные в рамках диссертационного исследования метод обнаружения и локализации ошибок распределенной обработки и хранения информации, основанные на использовании несбалансированной системы остаточных классов и метод перевода чисел в позиционную систему счисления на основе обобщенной позиционной системы счисления внедрены в организации ООО «Инфоком-С» в кроссплатформенной PSIM-системе Darvis для обеспечения безопасности промышленных предприятий (Акт о внедрении №71 от 04.04.2024);
- разработанные методы и программные средства повышения скорости и отказоустойчивости обработки данных, представленных в системе остаточных классов могут быть применены в специализированных высокопроизводительных цифровых системах обработки информации,

таких как распределенные и облачные вычислительные системы, системы автоматизированного контроля, функционирующие в непозиционной системе счисления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- эффективность разработанных методов и алгоритмов подтверждается результатами математического и имитационного моделирования;
- в работе представлены результаты программной реализации на языке описания аппаратуры разработанных методов и алгоритмов;
- новизна и промышленная применимость разработанных вычислительных узлов распределенной среды подтверждается полученными патентами на изобретения.

Личный вклад соискателя.

Все представленные к защите результаты диссертации получены соискателем лично.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в параграфе 2.1 критерием сбалансированности СОК выступает одинаковая разрядность модулей. Тем не менее, не упоминается, что сбалансированность по разрядности вычислительных каналов не гарантирует сбалансированности по скорости выполнения вычислений или по площади устройств, выполняющих вычисления по каждому модулю. Например, набор модулей $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ хоть и сбалансирован по разрядности модулей, но скорость выполнения преобразования числа из ПСС в СОК и арифметических операций в СОК с данным набором модулей будет разной для каждого модуля;
- термин «нейронная сеть конечного кольца (НСКК)», который встречается в разделе 2.4, вводит в некоторое заблуждение, поскольку под нейронными сетями сейчас понимают другую математическую концепцию. Если это новый термин, то стоило упомянуть его источник или автора;
- структурная схема отказоустойчивой вычислительной системы, представленная на рисунке 3.1, требует детализации. В частности, в данной

схеме следовало выделить основные блоки системы, отразить процессы их функционирования и взаимодействия для обеспечения отказоустойчивости.

Соискатель Кучуков Виктор Андреевич согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 13 июня 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Кучукову В.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН

Аветисян А. И.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук

Зеленов С. В.

13 июня 2024 г.