

**Акционерное общество
«Научно-исследовательский институт
точных приборов»
(АО «НИИ ТП»)**

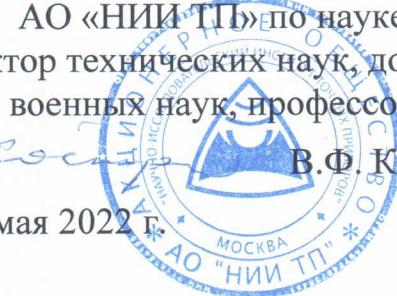
Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490
Почтовый адрес: Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490
тел.: + 7 499 181-20-12, факс: + 7 499 204-79-66
e-mail: info@niitp.ru, http://www.niitp.ru
ОКПО 11482462 ОГРН 1097746735481
ИНН 7715784155 КПП 771501001

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального директора
АО «НИИ ТП» по науке

доктор технических наук, доктор
военных наук, профессор

Кострюков
«18» мая 2022 г.

В.Ф. Кострюков



ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Эннса Виктора Ивановича на тему
**«Методы и средства разработки специализированных гетерогенных
конфигурируемых интегральных схем для вычислительной техники и
систем управления»**, представленной на соискание учёной степени доктора
технических наук по специальностям 05.13.05 – элементы и устройства
вычислительной техники и систем управления и 05.13.12 – системы
автоматизации проектирования (технические науки)

Представленная к защите диссертационная работа Эннса В.И. является
исследованием методов и средств разработки и применения микроэлектронных
схем нового типа – гетерогенных конфигурируемых интегральных схем (гете-
рогенных ПЛИС – программируемых логических интегральных схем, ПАИС –
программируемых аналоговых интегральных схем, БМК – базовых матричных
кристаллов, АЦ БМК – аналого-цифровых базовых матричных кристаллов).

Автор правильно проанализировал актуальность темы научного исследо-
вания как острую необходимость развития научной и технологической базы
разработки и создания отечественной промышленности по производству спе-
циализированных гетерогенных конфигурируемых интегральных схем для вы-
числительной техники и систем управления.

Актуальность темы определила объект и предмет исследования.



В качестве цели автор выбрал обоснование создания методов и средств разработки конфигурируемых интегральных схем нового типа – гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, обладающих повышенной эффективностью использования площади кристалла и улучшенными характеристиками за счёт специализации по областям применения и комбинации различных стилей проектирования.

Цель исследования определила успешно поставленные и решённые следующие научные задачи.

1) Исследование нового подхода к комплектованию специализированной аппаратуры на базе широкого применения гетерогенных конфигурируемых интегральных схем.

2) Создание маршрута разработки гетерогенных конфигурируемых цифровых и аналого-цифровых интегральных схем, который позволяет конструировать базовые кристаллы интегральных схем с улучшенными техническими характеристиками для решения заданных целевых задач.

3) Разработка методов предварительного анализа схем заказчиков с целью создания структуры и архитектуры гетерогенных конфигурируемых интегральных схем с повышенной эффективностью использования трассировочных и иных ресурсов для конкретных классов применений.

4) Разработка метода программногоprotотипирования, позволяющего оценить эффективность реализации схем заказчиков в базовом кристалле до фактического изготовления интегральной схемы за счёт оперативной настройки системы автоматизированного проектирования (САПР) на соответствующие изменения в конструкции, схемотехнике и топологии базового кристалла.

5) Исследование и разработка новых обобщённых математических моделей гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, позволяющих formalизовать решение задач для различных стилей проектирования конфигурируемых интегральных схем.

6) Создание методов разработки аналоговых и аналого-цифровых гетерогенных конфигурируемых интегральных схем на основе формализации описания аналоговых блоков.

7) Разработка новых схемотехнических решений, повышающих эффективность использования площади кристалла и функциональность базовых матричных кристаллов.

8) Создание методов разработки конфигурируемых интегральных схем с повышенной живучестью, радиационной стойкостью и надёжностью функционирования в условиях неблагоприятных внешних воздействий.

9) Организация и проведение работ по выпуску готовых изделий для вычислительной техники и систем управления, спроектированных на основе предложенных методов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в теоретическом обобщении, исследовании и создании методов разработки гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, ориентированных на целевого потребителя:

1) предложен метод решения задачи комплектования специализированной аппаратуры электронной компонентной базой – проблемно-ориентированными и универсальными микросхемами, которые разрабатываются на основе гетерогенных конфигурируемых интегральных схем в отличие от традиционного подхода заказного стиля их проектирования;

2) предложена методика проектирования гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, в которой, в отличие от известных алгоритмов, разработанные в диссертации методы предварительного анализа схем заказчиков и методы программного прототипирования базовых кристаллов с целью достижения высокой эффективности использования трассировочных и иных ресурсов объединены в один маршрут, учитывающий различные стили проектирования на одном кристалле (заказной, полузаказной и программируемый);

3) разработана новая теоретико-множественная математическая модель проекта, формализующая различные стили проектирования гетерогенных конфигурируемых интегральных схем (заказной, полузаказной – базовых матричных кристаллов и программируемых схем) и подходы к решению разных задач разработки (от разработки гетерогенного базового кристалла с элементами программирования до создания конкретных зашивок схем заказчиков). Известный

в области разработки микросхем иерархический подход к описанию списка соединений обобщён, расширен и формализован с применением аппарата теории множеств, математической логики и теории графов. На базе разработанной модели осуществлена формализация соответствий между элементами базового кристалла конфигурируемой гетерогенной интегральной схемы и проектируемыми схемами заказчиков, функциональность которых требуется запрограммировать в базовом кристалле;

4) предложен метод разработки аналоговых и аналого-цифровых гетерогенных конфигурируемых интегральных схем с использованием формализации описания аналоговых блоков. Известные подходы к анализу сложно-функциональных блоков и *IP*-ядер расширены введением понятий аналоговых ядер и их онтологий, лежащих в основе описаний на уровне макромоделей;

5) разработана новая конструкция программируемого заказчиком логического элемента, построенного на ячейках базового матричного кристалла, которая, в отличие от известного логического элемента типа *LUT* (*look-up tables*), оптимизирована для выполнения востребованных логических функций;

6) предложен новый метод построения специализированных конфигурируемых интегральных схем, повышенная живучесть, надёжность и радиационная стойкость которых достигается использованием приемлемых и мягких решений, что, в отличие от существующих решений, позволяет обеспечить функционирование интегральных схем в условиях неблагоприятных внешних воздействий, значения характеристик которых превышают нормы, установленные для штатной работы.

Практическая значимость работы состоит в разработке и внедрении оптимальных для своего класса задач микросхем программируемых логических интегральных схем ПАИС – программируемых аналоговых интегральных схем и БМК – базовых матричных кристаллов по таким критериям как технические характеристики, конструкторские решения, решаемые задачи, технико-экономические показатели. Результаты исследования могут найти применение при

разработке базовых кристаллов конфигурируемых интегральных схем с улучшенными параметрами.

Следует отметить, что известный в области разработки микросхем иерархический подход к описанию списка соединений в диссертационной работе обобщён, расширен и формализован с применением аппарата теории множеств, математической логики и теории графов. На базе разработанной модели осуществлена формализация соответствий между элементами базового кристалла гетерогенной конфигурируемой интегральной схемы и проектируемыми схемами заказчиков, функциональность которых требуется запрограммировать в базовом кристалле, что позволило достичь высокой эффективности использования трассировочных ресурсов.

В ходе выполнения диссертационной работы на ряде ведущих предприятий микроэлектроники была проведена разработка и выпуск готовых изделий для вычислительной техники и систем управления, спроектированных на основе предложенных методов.

Автором опубликовано 64 работы, в том числе 11 работ самостоятельных, 24 статьи в научных журналах, входящих в Перечень периодических изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Результаты работы использованы при выполнении двенадцати ОКР, одной НИР и одного аванпроекта.

Основные результаты работы апробированы на пяти международных и всероссийских конференциях, а также на трёх семинарах.

К рассматриваемому автореферату имеются следующие **замечания**.

1) В автореферате не указаны в явном виде противоречие и научная проблема, которую пытался разрешить автор в своей диссертации. Проблема лишь просматривается как совокупность поставленных и решённых научных задач исследования. В автореферате она указана как создание специализированных конфигурируемых микросхем для вычислительной техники и систем управления (стр. 11 АР) или импортозамещение (стр. 12 АР). Кроме того, не высказана гипотеза исследования как предположение возможных путей и средств получения научных результатов.

2) В автореферате не описан формат и структура данных модели базового кристалла верхнего уровня.

3) В автореферате не приведены примеры встроенных в специализированную конфигурируемую интегральную схему узлов и блоков детектирования неисправностей.

4) Указанные в автореферате работы соискателя, выполненные совместно с другими авторами (пп. 1-21, 24-29, 45-51, 55, 57-60, 62-63 – всего 40 работы из 50, т.е. 80,0%), не имеют указания на долю участия соискателя, что затрудняет определение степени его вклада в эти работы. В разделе *Публикации* автореферата (стр. 37-42) и соответствующем абзаце *Введения* диссертации (стр. 11) данные по вкладу автора в совместные работы также не приведены.

Указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов, обладающих научной новизной и практической значимостью.

Вывод

Содержание автореферата позволяет заключить, что диссертация Эннса В.И. «Методы и средства разработки специализированных гетерогенных конфигурируемых интегральных схем для вычислительной техники и систем управления» **соответствует** требованиям п. 9 пп. 1. Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Эннс В.И. **заслуживает** присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления и 05.13.12 – системы автоматизации проектирования (технические науки).

Главный научный сотрудник Аппарата научного
руководителя АО «НИИ точных приборов»
доктор технических наук, профессор

«16» мая 2022 года

П.Н. Наумов