

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Теплова Георгия Сергеевича «Разработка модели искусственного нейрона с динамической функцией активации на базе мемристивных компонентов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Исследовательская работа, представленная в автореферате Теплова Георгия Сергеевича, посвящена разработке модельных представлений мемристивных электронных компонентов энергонезависимой ReRAM памяти и вопросам их применения в структурной схеме аппаратно реализуемых искусственных нейронов.

Несмотря на значительное количество существующих моделей аппаратной реализации искусственного нейрона, задача построения модели искусственного нейрона остается актуальной. Немаловажным фактором, влияющим на актуальность задачи построения модели искусственного нейрона, выступает расширение номенклатуры современной электронной компонентной базы, позволяющее пересмотреть существующие модели с учетом применения в структурной схеме нейрона новых элементов. Прежде всего, расширение номенклатуры вызвано появлением и опытно-конструкторскими разработками прототипов энергонезависимой памяти. Например, разработки ячеек STT-MRAM, PCM, FeRAM и ReRAM, применение которых в структурной схеме искусственного нейрона снизит энергопотребление и используемую на кристалле площадь. Указанные факторы вновь актуализировали задачу построения структурной схемы нейрона с учетом достигнутого уровня научного и технического прогресса, на решение которой и направлено исследование Теплова Г.С.

Построение автором модели мемристора производится на основании известных экспериментальных данных о девиациях их параметров. Предлагаемое автором решение учитывает два типа отказов мемристора и включает механизм, обеспечивающий отклонения в количестве циклов переключения от устройства к устройству в процессе моделирования электрической схемы, что соответствует данным о реальных образцах. Наибольшим преимуществом предлагаемого формализма выступает возможность определения характеристик и девиаций параметров, вносящих преобладающий вклад в выходной ток.

Наиболее интересным положением научной новизны является предлагаемая в диссертации модель математического автомата абстрактного нейрона. Положительной стороной подхода к построению модели является использование теории конечных автоматов для описания искусственного нейрона, позволившее получить зависимости между различными множествами, которые используются при описании нейрона. Автору диссертации удалось предложить математическое описание модели нейрона с динамически изменяющейся функцией активации, что ранее, несмотря на

значительное количество существующих моделей искусственных нейронов, не было представлено.

Несмотря на положительные стороны исследования и хорошее изложение материала, можно сделать отдельные замечания. Предлагаемая автором математическая модель мемристора не содержит подгоночных коэффициентов, позволяющих описывать нелинейную зависимость процесса изменения сопротивления от подаваемого на мемристивные компоненты напряжения, что в дальнейшем может осложнить более точную настройку модели по экспериментальным данным. Кроме того, есть замечания по оформлению автореферата. Например, Рисунок 3 не содержит данных разбросов напряжений порогов переключения между состояниями проводимости, а также в автореферате отсутствует графический материал демонстрирующий промежуточные состояния проводимости мемристора.

В целом, материал, изложенный в автореферате, позволяет судить о Теплове Г.С. как о сформировавшемся исследователе, способном квалифицированно решать научные задачи. В заключении следует сказать, что диссертационная работа «Разработка модели искусственного нейрона с динамической функцией активации на базе мемристивных компонентов» соответствует требованиям ВАК, а её автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Заведующий отделом Федерального  
исследовательского центра «Информатика и управление» РАН,  
кандидат физико-математических наук, доцент

Абгарян К.К.

Заместитель директора Федерального  
исследовательского центра «Информатика и управление» РАН,  
доктор технических наук, профессор

Зацаринный А.А.

Подпись Абгарян К.К и Зацаринного А.А. удостоверяю  
Ученый секретарь Федерального  
исследовательского центра «Информатика и управление» РАН,  
доктор технических наук

Захаров В.Н.

06.12.18

E-mail: frsccsc@frsccsc.ru

Адрес: 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

Тел.: +7 (499) 135-62-60

