

### **Отзыв**

официального оппонента Долженковой Марии Львовны  
на диссертационную работу Посягина Антона Игоревича

«Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе  
нейронной сети»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.05 — Элементы и устройства вычислительной техники  
и систем управления

### **Актуальность темы**

В настоящее время многие системы автоматического управления используют блоки принятия решений о необходимости и правилах воздействия на управляемый объект, построенные на базе микроконтроллеров или микропроцессоров. С другой стороны, для генерации корректных управляющих воздействий необходимо иметь точное представление о состоянии объекта, формируемом аналоговыми сигналами с различных датчиков. Для согласования аналоговых сигналов датчиков и цифровых интерфейсов микропроцессора применяются аналого-цифровые преобразователи (АЦП), которые могут быть встроены в микроконтроллере либо располагаться в корпусе самого датчика, а также могут быть представлены в виде отдельных специализированных микросхем (СБИС). Увеличение количества измеряемых сигналов, повышение точности и скорости измерения приводит к росту аппаратных затрат на реализацию аналого-цифрового преобразования, что является критичным для отдельных автономных устройств, имеющих ограничения на габаритные размеры, например, беспилотных летательных аппаратов или космических искусственных спутников.

Диссертационная работа, выполненная Посягиным Антоном Игоревичем, «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети» посвящена разработке архитектурных решений и математических методов для повышения надежности работы устройства при параллельной обработке большого количества аналоговых входных сигналов за

счет самомаршрутизации сигналов внутри сети. Поэтому представленная работа является актуальной.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа Посягина А.И. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Полный текст диссертации составляет 167 страниц, основная часть работы описана на 159 страницах.

Во введении представлен обзор существующих нейросетевых аналого-цифровых преобразователей, выделены их достоинства и недостатки. На основе этого обзора поставлена цель и задачи исследования.

В первой главе автором проведен анализ различных методов аналого-цифрового преобразования, среди которых выбран метод поразрядного кодирования на основе матрицы R-2R. Для указанной матрицы построен единичный измерительный компонент – основной измерительный нейрон (ОИН). Проведен анализ возможностей применения нейронных сетей для построения самомаршрутизирующейся архитектуры для объединения ОИН на основе матрицы R-2R с помощью местного фрагментарного устройства управления. Формулируется математическая постановка задачи диссертационной работы.

Во второй главе автор приводит разработанные математические и функциональные модели для ОИН в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе на различных этапах его работы. Предложены два типа нейронной сети: многослойная и однослойная, на основе анализа достоинств и недостатков которых более перспективной выбрана однослойная нейронная сеть. Представлен метод самомаршрутизации сигналов для однослойной нейронной сети, в которой добавлены дополнительные связи между нейронами для увеличения отказоустойчивости. Произведена оценка аппаратных затрат на реализацию основного измерительного нейрона с помощью моделей в программной среде MultiSim и макета, разработанного на базе ПЛИС фирмы Intel.

В третьей главе диссертантом разработана оригинальная методика проектирования самомаршрутизирующихся аналого-цифровых преобразователей, в основе которой лежит оптимизационная функция минимизации аппаратных затрат, учитывающая вероятность безотказной работы. Для оценки вероятностно-временных характеристик используются

разработанные имитационная и аналитическая модели АЦП в классе систем массового обслуживания (СМО), реализованные в программной среде Anylogic. Доказывается адекватность построенных моделей по критерию Пирсона (погрешность не превышает 0,5%). Для определения оптимальных параметров нейронной сети (количества ОИН и количества дополнительных связей между ними) используется метод однокритериального поиска с ограничениями.

В четвертой главе диссертации представлено внедрение разработанного самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети в многопоточный адаптивный измерительный канал системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов (САИ АА). Для этого используется методика проектирования, определяются оптимальные параметры сети, для реализации самомаршрутизирующегося АЦП в нем разделены цифровая часть местного фрагментарного устройства управления в ПЛИС и аналоговая часть матрицы R-2R. Представлено сравнение самомаршрутизирующегося АЦП с адаптивным АЦП ПДА, использовавшимся ранее, которое показало уменьшение аппаратных затрат на 20-30%, при этом сохраняется на том же уровне точность измерения и на порядок увеличивается вероятность безотказной работы за счет применения сети с дополнительными связями между нейронами. Внедрение подтверждено соответствующим актом.

В заключении представлены полученные автором основные результаты и выводы диссертации, которые полностью отражают основные научные достижения.

### **Научная новизна диссертационной работы**

Научной новизной работы являются:

1. Разработанная архитектура самомаршрутизирующегося АЦП с возможностью изменять точность и скорость измерения, а также увеличивать отказоустойчивость за счет введения дополнительных связей между ОИН.
2. Созданный новый метод самомаршрутизации сигналов внутри нейронной сети, позволяющий формировать индивидуальный АЦП под конкретные параметры входного сигнала из общей сети ОИН.
3. Предложенные оригинальные математические модели для описания поведения нейрона в самомаршрутизирующемся АЦП на этапах формирования индивидуального АЦП и проведения измерения, отличающиеся тем, что позволяют реализовать метод самомаршрутизации сигналов между ОИН.

4. Разработанные и реализованные с применением математических пакетов новые аналитическая и имитационная модели для оценки вероятностно-временных характеристик самомаршрутизирующегося АЦП в зависимости от параметров нейронной сети и измеряемых сигналов.

5. Построенная новая методика для проектирования самомаршрутизирующихся АЦП, основанная на предложенной оптимизационной функции, позволяющая с помощью аналитической и имитационной моделей определить оптимальные параметры нейронной сети с минимизацией аппаратных затрат.

#### **Достоверность и обоснованность полученных результатов**

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается результатами проведенного моделирования и внедрения в систему автоматизации испытаний авиационных агрегатов, а также в учебный процесс полученных в диссертационной работе методов, архитектуры и методики. Основные положения работы прошли апробацию на научных конференциях российского и международного уровней, опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, включая индексированные в международной базе Scopus. Все это позволяет считать полученные результаты обоснованными и достоверными.

Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации, которые опубликованы в 13 статьях автора, шесть из которых – в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, три – в изданиях, индексированных в международных базах Scopus. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

#### **Практическая значимость полученных автором результатов**

Полученные научные и практические результаты нашли применение в разработке многопоточного адаптивного измерительного канала системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов. Внедрение разработанного самомаршрутизирующегося 16-ти канального АЦП позволило снизить аппаратные затраты на 20-30% в зависимости от интенсивности измеряемых сигналов по сравнению с применяемым ранее АЦП ПДА. Исследование макета ОИН и отладочной платы используется при проведении лабораторных работ

для студентов в рамках курса «Электроника», что обеспечивает повышение компетенций в области электроники обучающихся. Кроме того, разработанный метод самомаршрутизации и архитектуру нейронной сети можно использовать для повышения отказоустойчивости и снижения аппаратурных затрат в измерительных и вычислительных устройствах, требующих параллельных вычислений.

### **Замечания и рекомендации по диссертационной работе**

1. В обзоре представлено недостаточное количество работ авторов, которые исследовали проблему разработки АЦП на нейронных сетях для повышения быстродействия и точности измерения.

2. Вторая глава занимает слишком большой объем диссертации, в тоже время недостаточное внимание уделено четвертой главе, где представлены результаты внедрения.

3. Недостаточно аргументирован выбор метода самомаршрутизации для однослойной сети.

4. В главе 4 нет достаточно четкой формулировки выводов, полученных в результате внедрения.

5. При оформлении диссертации имеются недочеты в орфографии, и стилистике.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и полученных результатов.

### **Заключение**

Диссертационная работа Посягина Антона Игоревича «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение важной и актуальной задачи по разработке оригинальной архитектуры, позволяющей получить аналого-цифровой преобразователь повышенной надежности с меньшими аппаратурными затратами на его реализацию.

Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами внедрения. Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.05,

требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также требованиям п. 9 - п.12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 — Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент  
заведующая кафедрой электронных  
вычислительных машин

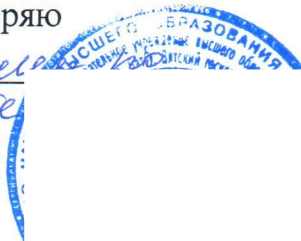
Вятского государственного университета \_\_\_\_\_ / Долженкова М.Л./  
«10» ноября 2021 г.

Кандидатская диссертация защищена по специальности  
(05.13.13 – Вычислительные машины, комплексы, системы и сети)  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»  
610000, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, д.36  
Телефон: +7 (8332) 742-420  
E-mail: [maryd@vyatsu.ru](mailto:maryd@vyatsu.ru)

Подпись Долженковой М.Л. заверяю

*Нарачинским управлением*  
(должность) *работе*

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)



*ИИМ / З.У. Орешкин*  
(ФИО)

