

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию**

**Осинцева Артема Викторовича**

**на тему «Автоматизированная система управления для тестирования  
радиоэлектронных средств на температурные воздействия»  
по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

### **Актуальность темы диссертации**

Характеристики различных радиоэлектронных средств (РЭС) зависят от условий их эксплуатации. При производстве электронной компонентной базы (ЭКБ) проводят испытания на климатические воздействия в климатических камерах, а также ЭКБ испытывают на соответствие стандартам по электромагнитной совместимости (ЭМС). Гибридизация климатической камеры и ТЕМ-камеры позволит проводить исследования и испытания ЭКБ, в т. ч. Интегральных схем (ИС), на совместные климатические и электромагнитные воздействия. Автоматизация процесса измерения уровней помехоэмиссии и помехоустойчивости ИС при климатическом воздействии будет способствовать развитию микроэлектроники и миниатюризации ЭКБ и РЭС.

Разработка аппаратно-программных средств автоматизированной системы управления (АСУ) климатической экранированной камеры (КЭК), позволяющей регулировать температуру и влажность воздуха внутри ТЕМ-камеры, без внесения внутрь термоэлектрических преобразователей (ТЭП), является актуальной задачей, решение которой позволит, не изменяя параметров электромагнитного воздействия, эффективно поддерживать заданную температуру и влажность воздуха внутри ТЕМ-камеры.

Таким образом, диссертация Осинцева Артема Викторовича направлена на решение актуальной задачи развития АСУ для тестирования РЭС на совместные температурные и электромагнитные воздействия.

## **Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

В диссертации охвачен широкий круг вопросов, которые возникают при создании АСУ, учитывающих влияние как климатического, так и электромагнитного воздействия.

Теоретическая значимость результатов заключается в развитии методов и способов автоматизированного управления процессом тестирования РЭС на ЭМС с одновременным температурным воздействием. Практическая значимость результатов заключается в созданных моделях, методах и способах управления, синхронизации и тестирования вычислительных устройств (ВУ) в АСУ климатическими воздействиями, а также алгоритмах и методах диагностики ВУ, что является актуальным при повышении конкурентоспособности современных промышленных предприятий специализирующихся на производстве и проектировании ЭКБ.

В разделе 1 выполнен обзор особенностей ВУ и методов проектирования АСУ, применяемых в климатических системах, а также сформулированы цель и задачи исследования.

В разделе 2 представлены результаты разработки модели АСУ и поддержания температуры поверхности ТЕМ-камеры. Представлен процесс проектирования программного обеспечения (ПО) КЭК в соответствии с объектно-ориентированным подходом. Описаны алгоритмы и функциональные блоки проектируемой КЭК. Спроектирована архитектура ПО КЭК, состоящая из модулей контроля, управления и диагностики. Разработана модель КЭК посредством унифицированного языка моделирования. Представлены диаграммы прецедентов, деятельности, классов, компонентов, в т.ч. описана архитектура ПО КЭК.

В разделе 3 представлен метод синхронизации группы разнотипных ВУ, таких как, микроконтроллеры (МК), системы на кристалле, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) и др., посредством внешнего тактового генератора. На основе метода предложен способ выполнения общей работы синхронизируемыми устройствами, вне зависимости от их

характеристик (тактовая частота ядра, размер памяти и др.). Разработаны алгоритм, способ и методы на их основе многофазного управления группами термоэлектрических преобразователей (ТЭП) для терморегулирования поверхности ТЕМ-камеры, входящей в состав КЭК.

В разделе 4 представлены результаты разработки алгоритмов и методов диагностики и тестирования внутренних блоков МК, а также алгоритмов их восстановления и программной защиты в случае возникновения сбоя в процессе работы МК КЭК. Разработана служба операционной системы реального времени (ОСРВ) для тестирования критически важных узлов КЭК, позволяющая выполнять их контроль работы в режиме реального времени, за счет реализации обратной связи от объекта управления (ОУ). Разработан метод и предложены способы его программной реализации для выявления и исправления ошибок данных в памяти МК за счет аппаратного подсчета контрольной суммы, который позволяет распознавать ошибки в памяти МК, а также контролировать их устранение. Приведены результаты воздействия электромагнитного импульса (ЭМИ) на МК. Представлены результаты разработки алгоритмов измерений, дополняющие ранее разработанную методику измерения, а также результаты воздействия ЭМИ на отечественный и зарубежный МК в климатически заданной среде. Описаны 2 тестовые программы с различным использованием периферии и конфигурации МК. Разработана методика составления комбинированных тестов для исследования изменений в вычислительных блоках МК после различных воздействий ЭМИ на МК. Выполнено воздействие ЭМИ на МК при заданном климатическом воздействии.

В разделе 5 приведены результаты предложенного способа для синхронизации группы МК обладающих разной вычислительной архитектурой и функционирующих на разных системных частотах, с возможностью контроля их синхронной работы с общим периодом. Представлены результаты разработки 3 методов управления многофазным управлением электропитанием групп ТЭП, отличающиеся способами их реализации с использованием одного

МК, группы МК, связанных посредством ОСРВ и с использованием ПЛИС. Выполнено сравнение и выбор оптимального метода для её применения в терморегуляторе климатической подсистемы КЭК. Представлена модель управления нагревом ТЭП посредством обученной модели искусственной нейронной сети пропорционально интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятора, позволяющая ускорить расчеты и сформировать качественный сигнал управления ТЭП в процессе регулирования температуры КЭК. Разработан пульт и модуль управления КЭК.

В «Приложении А» приведены результаты работы алгоритмов тестирования помехоустойчивости блоков МК при воздействии на него электромагнитных импульсов, возбуждаемых в ТЕМ-камере от генератора сверхкоротких импульсов.

### **Достоверность и апробация полученных результатов**

Достоверность результатов подтверждена корректным использованием унифицированного языка моделирования и теории управления, согласованностью результатов измерений и моделирования на основе численного и аналитических методов, применением поверенного измерительного оборудования, совпадением экспериментальных результатов, полученных с применением разных методик, апробацией теоретических и экспериментальных результатов на конференциях, публикацией статей в рецензируемых журналах, наличием патентов на изобретение, внедрением результатов работы.

Диссертация имеет высокую практическую ценность, представленные в ней результаты нашли применение, как в научных, так и коммерческих проектах в разных сферах применения. Результаты исследований использованы при выполнении ряда НИР, а также на предприятиях АО «ИСС» (г. Железногорск). Часть результатов применяется в медицинском учреждении научно-клиническом центре федерального медико-биологического агентства (НКЦ ФМБА) России, для контроля климатических условий хранения медицинской

продукции и биологических объектов. Также, в области проектирования систем мониторинга и предиктивного анализа состояния пассажирского транспорта разрабатываемого компанией ООО «Инфоматикс». Полученные результаты могут использоваться в рамках образовательного процесса высших учебных заведений, в программах переподготовки инженеров-разработчиков РЭС, а также в качестве основы для дальнейших исследований.

### **Научная новизна диссертации**

Научную новизну представляют предложенные в диссертации система автоматизированного контроля и управления температуры поверхности камеры поперечной электромагнитной волны и новый способ управления синхронизацией группы микроконтроллеров, в том числе разнотипных, отличающийся использованием внешнего тактового генератора синхроимпульсов и их подсчетом каждым микроконтроллером независимо от тактовой частоты каждого из них. Новизна данных положений подтверждается наличием патентов на изобретения.

Также новым является способ контроля и регулирования температуры поверхности камеры поперечных электромагнитных волн, отличающийся многофазностью управления электропитанием расположенных на ней термоэлектрических преобразователей, а также методы автоматизированного тестирования блоков микроконтроллера и исправления ошибок в его энергонезависимой памяти, отличающиеся использованием аппаратных блоков при вычислении контрольной суммы области памяти, содержащей ошибку, и карты адресов памяти.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Основной идеей диссертации является реализация искусственной нейронной сети для системы управления климатической экранированной камерой, дополняющей или заменяющей ПИД регулятор. Несмотря на то, что в

тексте диссертации данному вопросу выделено достаточно много места, в автореферате он практически не освещен.

2. Отсутствует формальная постановка задачи автоматического управления климатической экранированной камерой, а также математическое описание предложенной системы автоматического управления с элементами искусственного интеллекта.

3. Недостаточно подробно описана схемотехника системы управления климатической экранированной камерой, основное внимание в работе уделяется разработке программного обеспечения и решению проблем эффективности организации вычислений для существующего аппаратного обеспечения и измерительной техники.

4. В работе отсутствует описание конкретного технологического процесса организации и проведения испытаний с помощью рассматриваемой климатической экранированной камеры.

5. Не приведены результаты внедрения разработанной автоматизированной системы управления на производственных предприятиях.

### **Заключение**


Диссертационная работа Осинцева Артема Викторовича представляет законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему – совершенствование автоматизированной системы управления климатической экранированной камерой поперечных электромагнитных волн при испытаниях на климатические воздействия за счет внедрения элементов искусственного интеллекта. Результаты работы достоверны, выводы и заключения научно обоснованы. Опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание диссертации. Автореферат в целом соответствует диссертации.

Диссертационная работа «Автоматизированная система управления для тестирования радиоэлектронных средств на температурные воздействия» полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 в

действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Осинцев Артем Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Официальный оппонент –

доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-технического центра ПР 048 Федерального государственного бюджетного учреждения «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева». Самарский филиал – «СОНИИР».

  
28.11.2022

Иващенко Антон Владимирович

Почтовый адрес:

443011, г. Самара, ул. Советской Армии, д.217

Телефон: (846) 926-07-39, Факс: (846) 926-15-11

E-mail: info@soniir.ru

Подпись Иващенко А.В. заверяю

Заместитель директора по науке

Самарского филиала – «СОНИИР», к.т.н.



Губанов Николай Геннадьевич