

ГИАНОД	Документ зарегистрирован
	« 15 » 05 2026 г.
	Вх. № 81-165/26

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Русинова Леона Абрамовича

на диссертационную работу Чуприновой Ольги Витальевны  
«Техническая диагностика печатных узлов тепловизионным методом  
неразрушающего контроля»  
представленную на соискание степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики  
материалов, изделий, веществ и природной среды»

### **Актуальность диссертационной работы**

Современные требования к надежности изделий в условиях импортозамещения и цифровизации производства диктуют необходимость разработки и внедрения автоматизированных методов контроля, способных выявлять скрытые дефекты печатных узлов. Автор в своей работе отмечает, что традиционные оптические и электрические методы не всегда позволяют обнаружить дефекты на ранней стадии, а рентгеновский контроль сложен и дорог и с этим, безусловно, можно согласиться.

Традиционный тепловизионный метод неразрушающего контроля, рассматриваемый в работе, является достаточно информативным, однако его широкое внедрение сдерживается сложностью интерпретации термограмм.

Таким образом, сформулированная автором научно-практическая задача повышения оперативности процесса контроля и диагностики неисправностей печатных узлов за счет разработки нового программно-аппаратного комплекса, реализующего тепловизионный метод неразрушающего контроля, является актуальной и соответствует стратегии развития в области радиоэлектронной промышленности.

### **Структура и содержание работы**

Структура работы построена логично и последовательно, содержание соответствует поставленной цели и задачам исследования. Диссертация

состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 106 источников и 9 приложений.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость, объект и предмет исследования.

В первой главе проанализированы современные методы контроля и диагностики печатных узлов. Выполнена оценка влияния человеческого фактора и размера партии изделий на оперативность контроля, обоснована возможность автоматизации процессов контроля и диагностики. Разработанная в рамках работы над диссертацией архитектура программно-аппаратного комплекса на базе тепловизионного датчика и нейронной сети для обработки его данных представляется законченным инженерным решением.

Разработке математическая модель обработки термограмм печатных узлов посвящена вторая глава работы. В результате достигнуто, например, обеспечение классификации в автоматическом режиме 15 типов дефектов импульсного источника питания. Такая автоматизация позволяет сократить время на проведение диагностических работ при контроле печатных узлов.

Третья глава посвящена прогнозированию надежности печатных узлов. Автор рассматривает печатный узел с точки зрения деградиционных процессов. Адаптация уравнения Аррениуса с использованием постоянной Больцмана для расчета коэффициента ускорения отказа компонентов позволила на основе данных, полученных с помощью тепловизионного метода, оценить остаточный ресурс изделия.

Основные научные и практические результаты, полученные автором, изложены в заключении. Последовательность и содержание отражает структуру работы и соответствует поставленным задачам. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В автореферате представлены основные элементы диссертационной работы, полностью соответствующие тексту диссертации.

## **Достоверность результатов проведенных исследований**

Автор корректно использует методы математической статистики, имитационного моделирования и нейронных сетей. Достоверность результатов подтверждается: согласованностью данных имитационного моделирования с практическими расчетами оперативности контроля; высокой точностью (98%) разработанной нейросетевой модели, внедрением результатов в производственную деятельность ООО «Нью-Лайн» и ООО «Бергмаш», что подтверждено соответствующими актами. Основные результаты диссертационной работы получили апробацию в 25 изданиях, из них: 4 статьи без соавторов в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 6 работ в рецензируемых научных изданиях ВАК; 17 статей в других изданиях; 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **Научная новизна**

В диссертационной работе достигнуты следующие основные научные результаты:

1. Разработан программно-аппаратный комплекс, реализующий тепловизионный метод неразрушающего контроля, отличающийся от известных тем, что обработка полученных термограмм осуществляется нейронной сетью, что позволяет повысить оперативность проведения контроля и диагностики печатных узлов.

2. Предложена математическая модель обработки термограммы с помощью искусственной нейронной сети, отличающаяся от известных тем, что основана на упрощенной обработке численных данных, полученных при тепловизионном контроле, что позволяет повысить оперативность выявления дефектов печатного узла.

3. Предложен алгоритм оценки влияния перегрева компонентов, отличающийся от известных тем, что учитывает отличия температуры компонентов от эталонных значений и позволяет оценить изменение надежности печатного узла.

## **Практическая значимость работы**

Разработанный в процессе диссертационного исследования программно-аппаратный комплекс, обеспечивает повышение оперативности проведения контроля и диагностики печатных узлов на 20%, в сравнении с ручным методом. Математическая модель обработки термограмм позволяет автоматизировать процесс тепловизионного контроля и сократить количество ошибок диагностирования, связанных с влиянием человеческого фактора на 15%, а также увеличить оперативность проведения диагностики и довести степень идентификации обнаруженных дефектов до 40%. Алгоритм оценки влияния перегрева компонентов позволяет повысить точность оценки надежности печатного узла на 5-7 %.

## **Замечания и вопросы по диссертационной работе Чуприновой О.В.**

1. В главе 2 автор ограничилась рассмотрением полносвязной нейронной сети. Не совсем ясно, рассматривалась ли возможность применения нейронных сетей других типов, например, сверточных сетей CNN, использующихся для анализа любых двумерных изображений, в т.ч. термограмм.

2. Тепловизор выдает матрицу размерностью 8x8. После нормализации и подачи на вход нейросети получается вектор признаков. Автор не рассматривает проблему потери пространственной информации (корреляции между соседними пикселями) при таком подходе, что может снизить результат.

3. В главе 3 при оценке влияния температуры на надежность печатных узлов автор учитывает только перегрев компонентов. Однако на надежность также влияет низкая температура и циклические изменения. Учтены ли эти факторы в модели или это является предметом дальнейших исследований?

4. В работе используется устаревший ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения».

5. Приведенные формулы (80-83) для оценки влияния температуры на надежность, включающие частные производные достаточно сложны для практического использования технологами на производстве без глубокой математической подготовки.

### **Заключение**

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи автоматизации тепловизионного контроля печатных узлов, имеющей существенное значение для развития радиоэлектронной промышленности РФ. Работа актуальна, полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью.

Диссертационная работа соответствует п. 1 «Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды», п. 4 «Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды», п. 6 «Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах и средствах контроля и диагностики с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии» паспорту научной специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Все перечисленное дает основание считать, что представленная диссертационная работа Чуприновой О.В., несмотря на отдельные замечания непринципиального характера, соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, соответствует специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». Автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор



Л.А. Русинов

«08» 05 2026г.

Русинов Леон Абрамович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации процессов химической промышленности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технологический университет)», 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49 литера А, телефон: +7(812)494-92-53, e-mail: lrusinov@yandex.ru

Специальность, по которой защищена диссертация: 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Подпись заверяю:

*Русинова Л.А.*  
начальник



*Т.Ю. Брохорова*