

ГУАП ОД	Документ зарегистрирован
	03 » 06 2016 г.
	Вх. № 81-208/26

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Баранова Николая Евгеньевича

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 (технические науки)

Актуальность работы

Диссертация Чуприновой О.В. направлена на совершенствование метода неразрушающего контроля печатных узлов – элементов, из которых состоит практически любая радиоэлектронная система. Современное приборостроительное производство отличается высокой степенью автоматизации большинства используемых процессов. Однако, несмотря на серьезный входной контроль комплектующих, режимов пайки, всё равно возможно появление печатных узлов, содержащих дефекты различной природы. Линии печатного монтажа позволяют минимизировать или устранить присутствие человека на таких операциях, как: комплектование, монтаж, визуальный контроль качества монтажа, однако, такие операции, как контроль и диагностика смонтированных печатных узлов и в настоящее время плохо поддаются автоматизации, требуют высококвалифицированного и высокооплачиваемого персонала. В свою очередь, грамотно проведенные контроль и диагностика непосредственным образом влияет на показатели надежности печатных узлов как элементов радиоэлектронных систем. Задача повышение надежности радиоэлектронных систем является критически важной в обеспечении технологического суверенитета РФ, соответствует приоритетным направлениям развития приборостроения РФ, в связи с чем тема работы является актуальной.

Структура и содержание работы

Текст диссертации приведён на 139 страницах, содержит 11 таблиц и 41 рисунок. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

В первой главе приведен системный анализ дефектов, характерных для ручного и автоматического монтажа. Разработанный экспериментальный программно-аппаратный комплекс демонстрирует принципиальную возможность создания недорогих автоматизированных систем диагностики радиоэлектронных изделий.

Во второй главе автором подробно описана архитектура и работа предложенной диагностирующей нейронной сети – от нормализации данных на входе сети до работы оптимизатора. Точность классификации дефектов печатного узла с помощью предложенной нейронной сети достигает 98% что является высоким показателем. Также в данной главе автор математически обосновывает размер требуемой обучающей выборки для вышеупомянутой сети.

В третьей главе автор применяет модифицированное им уравнения Аррениуса для пересчета температуры элементов печатного узла, полученных с помощью тепловизионного датчика в интенсивность отказов. Разработанный автором алгоритм позволяет на практике прогнозировать ресурс печатного узла еще на этапе его выходного контроля.

В автореферате кратко изложены основные аспекты диссертационного исследования. Структура выстроена логично и последовательно.

Достоверность результатов проведенных исследований

Достоверность результатов исследований обеспечивается: использованием фундаментальных физических законов; корректным

применением математического аппарата теории вероятностей и теории искусственных нейронных сетей; верификацией модели на реальных данных.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 25 научных работ, в том числе: 6 работ в рецензируемых научных изданиях ВАК, из них 4 без соавторов, 17 работ в других изданиях, автором получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна

1. Предлагаемый в работе программно-аппаратный комплекс, предназначенный для реализации тепловизионного метода неразрушающего контроля, обладающий существенным отличием от существующих разработок. Ключевой особенностью данного комплекса является то, что вся обработка полученных в ходе контроля термограмм, а также последующий анализ тепловых полей выполняется с применением искусственных нейронных сетей. Благодаря внедрению методов машинного обучения в процесс интерпретации тепловизионных данных достигается значительное повышение оперативности проведения процедур контроля и диагностики технического состояния печатных узлов радиоэлектронной аппаратуры.

2. Разработанная математическая модель, описывающая процесс обработки термограмм с помощью искусственной нейронной сети, также имеет принципиальные отличия от общеизвестных подходов. Новизна модели заключается в том, что она базируется на упрощенной и оптимизированной схеме обработки численных массивов данных, которые формируются в процессе тепловизионного контроля поверхности печатной платы. Такая оптимизация обработки первичных данных позволяет существенно сократить время анализа и, как следствие, повысить общую оперативность выявления скрытых дефектов и аномалий в работе компонентов печатного узла.

3. Разработанный алгоритм, предназначенный для оценки степени влияния локального перегрева компонентов на общее состояние печатного узла, выгодно отличается от известных методов и существующих алгоритмов. Главное отличие предложенного подхода заключается в том, что он комплексно учитывает отклонения текущих температурных показателей компонентов от их эталонных (номинальных) значений, зафиксированных в технической документации или базе данных. Использование данного алгоритма предоставляет возможность не только констатировать факт наличия перегрева, но и выполнить количественную оценку изменения уровня эксплуатационной надежности печатного узла, прогнозируя возможное снижение срока его службы под воздействием тепловых нагрузок.

Практическая значимость работы

1. Разработанный программно-аппаратный комплекс, реализующий тепловизионный метод неразрушающего контроля, обеспечивающий существенное повышение оперативности проведения контроля и диагностики печатных узлов. В сравнении с традиционным ручным методом анализа термограмм и интерпретации полученных данных достигается сокращение временных затрат на процедуры контроля до 20%, что позволяет ускорить технологический процесс выявления дефектов и принятия решений по результатам диагностики.

2. Предложенная математическая модель обработки термограмм, основанная на применении специализированных алгоритмов анализа тепловых полей, обеспечивающая комплексное улучшение ключевых показателей качества контроля. Во-первых, улучшается степень автоматизация процесса тепловизионного контроля печатных узлов, что позволяет исключить субъективность визуальной оценки термограмм оператором. Во-вторых, применение модели обеспечивает сокращение количества ошибок диагностирования, связанных с влиянием человеческого

фактора до 15%. В-третьих, автоматизированная обработка данных способствует увеличению оперативности проведения контроля и диагностики до 40% по сравнению с неавтоматизированными методами.

3. Разработанный алгоритм оценки влияния перегрева компонентов на работоспособность печатного узла позволяющий повысить точность оценки его эксплуатационной надежности на 5-7% за счет учета реальных температурных режимов функционирования электронных компонентов. В отличие от упрощенных методов, оперирующих лишь фактом наличия или отсутствия критического нагрева, предложенный алгоритм выполняет количественный анализ степени отклонения текущих температур компонентов от их эталонных значений. Это дает возможность более точно прогнозировать изменение надежности печатного узла в условиях реальных тепловых нагрузок и своевременно выявлять его потенциально ненадежные элементы.

Достоинства диссертационной работы

Автор диссертационной работы достаточно успешно решает в своей работе имеющее место противоречие между необходимостью высокоточной диагностики и недостаточной автоматизацией тепловых методов контроля путем синтеза традиционного тепловизионного метода неразрушающего контроля и диагностирующей искусственной нейронной сети. Важно отметить комплексный подход автора к решению поставленных проблем. Особого внимания заслуживает комплексный подход автора к реализации поставленных задач. Предложенная архитектура программно-аппаратного комплекса обеспечивает решение двух ключевых проблем исследования в их взаимосвязи: с одной стороны, осуществляется выходной контроль и диагностика печатных узлов на основе усовершенствованного тепловизионного метода, с другой – термографические данные, полученные в ходе контроля, служат основой для оценки надежности исследуемых узлов.

Таким образом, достигается синергетический эффект, позволяющий совместить процессы контроля и диагностики с прогнозированием эксплуатационной пригодности печатного узла.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Разработка программно-аппаратного комплекса велась на базе тепловизора с низким разрешением (8x8 пикселей). Как изменится точность классификации при использовании промышленных тепловизоров с более высоким разрешением, и потребует ли это переобучения модели?

2. В диссертации приведены данные по 90 наблюдениям. Учитывая, что расчетное количество возможных неисправностей исчисляется тысячами. Как планируется дообучать модель в процессе эксплуатации при большем исходе возможных дефектов печатного узла?

3. В работе использует функции активации ReLu и Softmax, но не объясняет, почему для данной задачи были выбраны именно они, а не, например, ELU или Sigmoid в скрытых слоях.

Заключение

Полученные результаты позволяют говорить о решении в рамках диссертационного исследования сформулированной автором важной научно-практической задачи повышения оперативности процесса контроля и диагностики неисправностей печатных узлов за счет разработки нового программно-аппаратного комплекса, реализующего тепловизионный метод неразрушающего контроля.

Диссертационная работа Чуприновой О.В. является завершенным научным исследованием, содержащим новые научно обоснованные подходы к методу тепловизионного контроля печатных узлов изделий радиоэлектроники, соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения «О порядке

присуждения ученых степеней» утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Защищаемые положения соответствуют пунктам 1, 4, 6 паспорта специальности 2.2.8.

В связи с вышеизложенным, считаю, что Чупринова Ольга Витальевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)».

Официальный оппонент:



Н. Е. Баранов

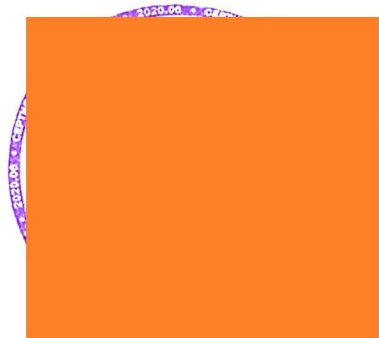
01 июня 2026 г.

Баранов Николай Евгеньевич,
кандидат технических наук (20.02.14), доцент,
декан факультета летной эксплуатации,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, СПбГУ ГА)
Фактический адрес: 196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38
Адрес для отправки почтовой корреспонденции: 200961, г. Санкт-Петербург, ул. Софийская, д. 81, литер «А»
Телефон: (812) 704-15-93, e-mail: baranovne@spbguga.ru

Подпись Баранова Н.Е. заверяю:

Начальник управления кадров



Д.А.Шумилова