

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.217.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.09.2019 г. №6

О присуждении Гирину Роману Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Интеллектуальная информационно-измерительная система тепловизионного диагностирования технических объектов на основе нейронной сети» по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы) принята к защите 28 июня 2019 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 212.217.07, созданным на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ № 1119/нк от 16 ноября 2017 г.

Соискатель Гирин Роман Викторович, 1979 года рождения, в 2002 году закончил с отличием ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет» по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений». В 2017–2019 годах прикреплен соискателем ученой степени кандидата технических наук в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», работает в должности ассистента кафедры «Вычислительная техника» в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Вычислительная техника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Орлов Сергей Павлович, профессор кафедры «Вычислительная техника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Селиванова Зоя Михайловна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,

Светлов Анатолий Вильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», заведующий кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем **положительном отзыве**, подписанным Гречишниковым Владимиром Михайловичем, д.т.н., профессором, заведующим

кафедрой электротехники, Востокиным Сергеем Владимировичем, д.т.н., доцентом, профессором кафедры информационных систем и технологий, и утвержденном Прокофьевым Андреем Брониславовичем, д.т.н., первым проректором – проректором по научно-исследовательской работе, указала, что диссертация является целостной завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи разработки информационно – измерительной системы тепловизионного диагностирования для достоверного и оперативного определения отказов и дефектов в технических объектах в реальном времени при дистанционном контроле, имеющей существенное значение для обеспечения надежности функционирования сложных и критичных к отказам систем управления.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 работы, 1 статья в издании, индексируемом МБ Scopus, два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Опубликованные работы содержат выполненные соискателем постановку и решение задачи разработки метода интеллектуализации информационно-измерительной системы тепловизионного диагностирования, использующего искусственные нейронные сети и глубокое обучение, что позволило повысить вероятность обнаружения и точность классификации дефектов и сократить время контроля. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Суммарный объем опубликованного материала составляет 5,22 п. л., объем принадлежащего соискателю материала – 3,38 п. л. (64,7%).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Гирин Р.В. Двухстадийная нормализация выходных сигналов искусственных нейронных сетей/Р.В. Гирин, С.П. Орлов// Вестник Самарского гос. тех. ун-та. Серия «Технические науки». – 2017. – № 4(56). – С.7-16.

2. Гирин Р.В. Анализ метрологических характеристик тепловизионной системы технического диагностирования с нейронной сетью/Р.В. Гирин // Вестник Самарского гос. тех. ун-та. Серия «Технические науки». – 2018. – № 4. – С.66-81.

3. Гирин Р.В. Нейросетевой программный анализатор для контроля элементов железнодорожного пути/Р.В. Гирин, С.П. Орлов//Вестник Самарского государственного университета путей сообщения. - 2019. - № 1. - С.110 - 117.

4. Girin R.V. The use of neural networks for testing and failure analysis of electronic devices/R.V. Girin, S.P. Orlov//Proc. of the II International Scientific-Practical Conference “Fuzzy Technologies in the Industry (FTI 2018)”. - CEUR-WS.org/Vol – 2258/paper21. – 2018. – P. 160-167.

5. Girin R.V. Artificial neural network for technical diagnostics of control systems by thermography/S.P. Orlov, R.V. Girin, O.Yu. Uytova//Proc. of 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). - IEEE Xplore. Publisher IEEE. - 2019. – P. 1 – 4.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

1. Отзыв ведущей организации ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». В отзыве указывается, что из материалов диссертации остается непонятным, как выбирается структура нейросетевого программного анализатора для различных классов объектов

диагностики; чем обосновывается выбор числа скрытых слоев нейронов конволюционной сети; не рассмотрен вопрос о границах применимости предлагаемого метода интеллектуализации ИИС; не рассмотрено влияние количества реальных термограмм с дефектами на методическую погрешность классификации состояний с помощью нейронной сети; в п. 3.2.2 при построении шаблона проектирования нейронной сети предлагается использовать набор метрик, однако не показано, как подбирать метрики для конкретных задач проектирования; автор не привел сведения о диапазоне скоростей прохождения вагона-лаборатории, при которых получены показатели быстродействия и точности работы нейронной сети в составе ИИС контроля железнодорожного пути (таблица 2 в автореферате).

2. В отзыве официального оппонента, д.т.н., профессора Селивановой Зои Михайловны, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, отмечено, что следовало использовать аффинные преобразования модельных термограмм объекта, полученных при решении уравнений теплопроводности, для расширения числа экземпляров обучающей выборки нейронной сети, этот прием можно было бы использовать и для «размножения» имеющихся реальных термограмм, соответствующих дефектам в объекте; не оценены ошибки второго рода (пропуск дефекта) при работе нейросетевого программного анализатора; использование на выходах нейронной сети двоичного унитарного кода удобно для принятия решений, но не несет информации о неопределенных состояниях сети; при анализе погрешностей измерительного канала в п. 2.5 диссертации не учтено влияние неидеального теплоотвода контролируемого электронного прибора; автор отмечает влияние архитектуры нейронной сети на методическую погрешность классификации, но не приводит каких-либо расчетных соотношений для этого случая; не приведено обоснование выбора использованных в диссертации методов понижения размерности пространства признаков.

3. В отзыве официального оппонента, д.т.н., профессора Светлова Анатолия Вильевича, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, указывается, что не показано, как в общем случае выбирать дополнительно измеряемые величины для регуляризации обратной задачи классификации; отмечено, что в диссертации в одних местах говорится о базе данных термограмм (с.41), в других местах – о базе знаний (с.42 и с. 48), при этом в разработанной ИИС используется только база данных, а база знаний должна реализовываться в системе принятия решений; не ясно, как влияет внешнее освещение контролируемого объекта на точность формирования термограмм с помощью тепловизора; не рассмотрены случайные составляющие погрешности измерительного канала с тепловизором; не сформулированы требования к выбору математических моделей теплообмена для построения обучающей выборки термограмм для нейронных сетей; в работе не приведены конкретные сведения о конструктивных параметрах рассматриваемого электронного прибора – фоточувствительной матрицы на ПЗС; отмечено, что в тексте диссертации личный вклад автора в развитие данного научного направления целесообразно акцентировать в более явной форме, используя фразы: «автором предложено, разработано и т. п.», с библиографическими ссылками на печатные труды автора; применяемый автором стиль изложения не всегда позволяет четко разграничить новые результаты, полученные автором, и известные сведения.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов.

1. Отзыв зав. кафедрой «Информационный и электронный сервис», д.т.н., доцента Воловача В.И., ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти. В замечаниях отмечается, что в автореферате следовало показать, какие граничные условия и какого рода используются для решения задачи теплообмена в электронном приборе; из автореферата не ясно, как в модельных термограммах ФМ ПЗС учитывается изменение величины перегрева при колебаниях рассеиваемой мощности.

2. Отзыв главного научного сотр., д.т.н., доцента Трофимова А.А., АО «Научно-исследовательский институт физических измерений», г. Пенза. В автореферате недостаточно подробно описана математическая модель теплообмена контролируемого радиоэлектронного прибора; следовало пояснить, как в ИИС реализуется процедура принятия решений о работоспособности объекта и его дальнейшем функционировании.

3. Отзыв профессора каф. автоматизированных и вычислительных систем факта информационных технологий и компьютерной безопасности д.т.н., профессора Кравца О.Я., ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж. В автореферате следовало привести обоснование способа подключения дополнительной полносвязной сети к основной конволюционной сети; на рис. 1 в автореферате не показано, как учитываются в обучающей выборке реальные термограммы объектов; не показано, как оценивается близость элементов в кластере признаков при многомерном анализе обучающей выборки (рис. 4).

4. Отзыв профессора каф. «Информационно-коммуникационные технологии и программная инженерия» д.ф.-м.н., профессора Шульга Т.Э., ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», г. Саратов. Из текста автореферата не вполне ясно, как осуществлять выбор дополнительно измеряемых сигналов с объекта контроля, чтобы получить однозначную классификацию отказов; при построении структуры нейросетевого анализатора следовало воспользоваться теоремой Котельникова – Арнольда – Хехт – Нильсена для определения числа нейронов в скрытых слоях сети.

5. Отзыв профессора каф. информационной безопасности д.т.н., профессора Литциндера Б.Я., ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара. В замечаниях указано, что на рис. 2 автореферата для объекта контроля показан только один фактор внешнего воздействия – входная электрическая мощность, следовало рассмотреть и другие внешние факторы, например, изменение температуры окружающей среды, вибрационные нагрузки и т.п.; отмечено, что автор использует стандартное измерительное оборудование для получения термограмм, но при этом не оценил погрешности, связанные с изменением условий эксплуатации объекта контроля; в разделе «Основные выводы и результаты работы» указан лишь один вывод, который не является определяющим (пункт 3).

6. Отзыв зав. кафедрой «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте», к.т.н., доцента Авсиевича А.В., ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», г. Самара. В качестве замечания отмечается следующее: в таблице 2 в автореферате приведена только точность классификации нейронной сети, было бы целесообразно показать и значения погрешностей, обусловленных ошибками первого и второго рода.

7. Отзыв профессора факультета программной инженерии и компьютерной техники д.т.н., профессора Алиева Т.И., ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, точной механики и оптики», г.Санкт-Петербург. В замечаниях указано, что при анализе процесса измерения термограмм не учтены составляющие основной погрешности, обусловленные изменениями оптических свойств среды между поверхностью контролируемого прибора и тепловизором; не ясно, какие вычислительные ресурсы необходимы для реализации нейросетевого программного анализатора, осуществляющего диагностику в реальном времени.

8. Отзыв проректора по научной работе, заведующего кафедрой управления и информатики в технических системах, д.т.н., доцента Боровского А.С., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». На странице 9 автореферата отмечено, что автором было предложено использовать набор дополнительных параметров контролируемого объекта, которые изменяются с помощью встроенных средств получения и телеметрической передачи информации в объекте, но какие именно это параметры не указано.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Гирина Р.В. требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», указывается, что ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается многолетним опытом работы, высокой компетентностью в области информационно-измерительных систем, разработки интеллектуальных методов обработки сигналов, оценки погрешностей измерительных систем и соответствием научных интересов тематике диссертации, что подтверждается публикациями в научных изданиях. Выбор ведущей организации обосновывается достижениями ее специалистов в области создания и исследования информационно-измерительных систем для авиационной и аэрокосмической промышленности. В организации проводится ежегодная международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** интеллектуальная информационно-измерительная система тепловизионного диагностирования технических объектов, характеризующаяся малыми погрешностями распознавания дефектов и оперативностью контроля;
- **предложены** новый интеллектуальный метод построения информационно-измерительных систем и нейросетевой программный анализатор технических состояний с повышенной достоверностью диагностирования;
- **доказана перспективность** использования двухцветной нейронной сети и комплексных модельных термограмм для ее обучения для сокращения времени обработки термограмм и повышения точности диагностирования технических состояний объектов;
- **введены** – понятие комплексной модельной термограммы и шаблон решеточной взаимосвязи компонентов для объектно-ориентированного проектирования программной

логики нейронной сети.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** перспективность интеллектуализации обработки данных в информационно-измерительных системах тепловизионного диагностирования и применения глубоких нейронных сетей и методов машинного обучения;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы теории измерений, теории искусственного интеллекта, методы теории тепло- и массообмена, объектно-ориентированного проектирования, методы анализа больших данных;
- **изложены** условия рационального выбора структуры программной логики искусственных нейронных сетей, обеспечивающие повышение точности и сокращение времени проектирования программной логики искусственных нейронных сетей;
- **раскрыта** проблема тепловизионного диагностирования технических объектов по поверхностному температурному полю при дистанционном контроле в режиме реального времени;
- **изучены** основные особенности измерений термограмм при контроле и испытаниях радиоэлектронных элементов по тепловому полю, применения искусственных нейронных сетей в измерительных системах.
- **проведена модернизация** – существующих методов обработки измерительной информации при инфракрасной термографии различных технических объектов;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработаны и внедрены** информационно-измерительная система контроля рельсовых путей в АО «НПЦ ИНФОТРАНС» (г. Самара), нейросетевой программный анализатор в проекте № 075-02-2018-225 «Разработка роботизированной системы сельскохозяйственных автомобилей на базе семейства автомобилей КАМАЗ с автономным и дистанционным режимом управления» (ФГБОУ ВО СамГТУ, г. Самара, ОАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны), модернизированная информационно-измерительная система контроля фоточувствительной матрицы ПЗС (АО «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара).
- **определены** условия применения метода интеллектуализации на основе нейросетевых технологий для совершенствования характеристик диагностических информационно-измерительных систем;
- **создана** тепловизионная информационно-измерительная система на базе двухветвенного нейросетевого анализатора, позволяющая проводить дистанционную оперативную классификацию отказов и дефектов в реальном времени;
- **представлены** возможные области практического применения разработанного метода и средств тепловизионного диагностирования по термограммам в зависимости от условий функционирования контролируемых объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** проведены исследования влияния методической погрешности, вносимой нейронной сетью, на точность классификации дефектов контролируемого оборудования;

- **теория** построена на результатах работ отечественных и зарубежных авторов, с применением современных методов искусственного интеллекта и теории измерений;
- **идея** базируется на использовании высокой способности глубоких конволюционных нейронных сетей к обобщению образов термограмм;
- **использованы** результаты сравнения авторских данных с результатами теоретических и экспериментальных исследований из независимых источников;
- **установлено** соответствие результатов определения дефектных технических состояний с помощью нейронных сетей с результатами контрольной экспертной обработки первичной информации.

Личный вклад соискателя состоит в том, что, автор принимал непосредственное участие в анализе существующих и разработке новых структур диагностических информационно-измерительных систем на основе искусственных нейронных сетей.

На заседании 26 сентября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Гирину Р.В. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.11.16. - Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против - 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.217.07

Лившиц
Михаил Юрьевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.217.07

Абакумов
Александр Михайлович



26 сентября 2019 г.