

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.199.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ИНСТИТУТА  
ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета 24.03.2016 г. № 1

О присуждении Кофнову Олегу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модель и алгоритмы обработки цифровых изображений для оценивания геометрических параметров материалов с периодической структурой» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)» принята к защите 18 января 2016, протокол № 1 диссертационным советом Д 002.199.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия ВО, дом 39, утвержден приказом Рособнадзора номер 2472-618 от 8 октября 2010 года.

Соискатель Кофнов Олег Владимирович 1972 года рождения в 1995 г. с отличием закончил Балтийский государственный технический университет им. Д. Ф. Устинова по специальности «Ракетные двигатели» (диплом ТВ № 536285 от 28.02.1995), в 1999 г. окончил очную аспирантуру в Балтийском государственном техническом университете им. Д.Ф. Устинова. В период подготовки диссертации Кофнов Олег Владимирович являлся соискателем по направлению подготовки 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 09-2015, выдана в 2015 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». В настоящее время Кофнов Олег Владимирович работает ведущим разработчиком в Обществе с ограниченной ответственностью «ПрофИТ Сольюшенз».

Диссертация выполнена на кафедре информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Пименов Виктор Игоревич, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», заведующий кафедрой информационных технологий.

**Официальные оппоненты:**

ЛЕБЕДЕВ Евгений Леонидович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра контроля качества и испытаний вооружения, военной и специальной техники, начальник кафедры;

КУЛЬЧИЦКИЙ Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», кафедра автоматизации технологических процессов и производств, доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», г. Санкт-Петербург в своем положительном заключении, подписанном Халимон Викторией Ивановной, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой системного анализа, Юленцом Юрием Павловичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры системного анализа и утвержденном Шевчиком А.П., доктором технических наук, доцентом, ректором СПбГТИ(ТУ), указала, что в целом диссертационная работа О.В. Кофнова представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Автором в диссертации сформулирована и решена важная научно-техническая задача автоматической обработки цифровых изображений материалов с периодической структурой и определения величин их геометрических параметров, обеспечивающая за счет минимизации ручного труда снижение расходования изготавливаемого материала на проведение измерений и отказ от дорогостоящих оптоэлектронных устройств. Соискателем разработана совокупность теоретических, технических и методических решений, внедрение которых можно рассматривать как вклад в развитие научного направления, связанного с автоматизацией и повышением качества процесса обработки цифровых изображений для оценивания геометрических параметров материалов с периодической структурой. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, О.В. Кофнов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 10 работ, из них опубликованных в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, – 10, входящих в международную систему цитирования Scopus и/или «Сеть науки», – 2.

Основные научные результаты опубликованы в 16 научных трудах общим объемом 8,12 п.л., из которых 12 статей объемом 5,56 п.л., выполнены в соавторстве, а 4 статьи объемом 2,56 п.л. – лично; 2 патента РФ на изобретения в соавторстве. Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. **Кофнов О.В.** Моделирование процесса контроля периодических структур с применением автоматизированных систем // Изв. высш. учебн. заведений: Приборостроение, т.58, №10, 2015. – с. 855 – 858.
2. **Кофнов О.В.** Модель и алгоритмы измерения геометрических параметров структур текстильных материалов // Труды СПИИРАН. 2015. Вып. 5(42). – с. 90 – 111.
3. Шляхтенко П. Г. Метод определения перекоса уточной нити в ткани / П. Г. Шляхтенко, **О. В. Кофнов**, П. А. Сухарев // Оптический журнал. – 2014. – Т. 82, №2. – С. 76 – 79. *Личный вклад соискателя – 33%*.
4. Shlyakhtenko P. G. Method of determining the skewness of the weft thread in fabric / P. G. Shlyakhtenko, **O. V. Kofnov**, P. A. Sukharev // Journal of Optical Technology. – 2014. – Vol. 81, Issue 2. – P. 111 – 113. *Личный вклад соискателя – 33%*.
5. **Kofnov O.** Measuring the Angle of Twist of a Fiber on the Basis of its Computer Image / O. Kofnov, P. Shlyakhtenko // Fibre Chemistry. – 2014. – January (Vol. 45, Issue 5). – P. 317 – 321. *Личный вклад соискателя – 50%*.

6. **Кофнов О. В.** Измерение угла кручения нити по её компьютерному изображению / О. В. Кофнов, П. Г. Шляхтенко //Химические волокна. – 2013. – №5. – С. 57 – 61. *Личный вклад соискателя – 50%*.
7. Шляхтенко П. Г. Использование двумерного дискретного преобразования Фурье для компьютерного анализа материала с повторяющейся структурой / П. Г. Шляхтенко, В. И. Пименов, **О. В. Кофнов** //Автоматизация и современные технологии. – 2013. – №7. – С. 20 – 27. *Личный вклад соискателя – 33%*.
8. **Кофнов О. В.** Использование двойного Фурье-преобразования для контроля параметров геометрической структуры текстильных материалов / О. В. Кофнов, П. Г. Шляхтенко, А. Е. Рудин // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. – №3. – С. 23 – 26. *Личный вклад соискателя – 33%*.
9. Безаппаратный метод дифракционного контроля параметров текстильных материалов по компьютерным изображениям их поверхности / П. А. Сухарев, П. Г. Шляхтенко, А. Е. Рудин, **О. В. Кофнов** //Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. – №1. – С. 23 – 25. *Личный вклад соискателя – 20%*.
- 10.**Кофнов О. В.** Безаппаратный метод автоматического определения направления крутки нити по её компьютерному микроизображению / О. В. Кофнов, П. А. Сухарев, П. Г. Шляхтенко // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. – №2. - С. 79 – 81. *Личный вклад соискателя – 31%*.

На автореферат диссертации поступило 10 отзывов, все отзывы положительные:

1) Военная Академия Связи им. С.М. Буденного. Отзыв составил докторант 31 кафедры (автоматизированных систем специального назначения), к.т.н. Куваев В.О. Замечания: Не описан алгоритм поиска дифракционных максимумов. Из автореферата не понятно, каким образом

связаны интенсивность и яркость пикселей. Почему используется чёрно-белое изображение и в соответствии с какой цветовой моделью осуществляется преобразование?

2) Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Отзыв составили доцент кафедры «Системы и технологии управления», к.т.н., доцент Потехин В.В. Замечания: В автореферате ничем не подтверждено утверждение, что расстояния между дифракционными максимумами обратно пропорциональны расстояниям между соседними нитями, а угол перекося дифракционных максимумов соответствует перекося нитей в ткани. Не обоснована имитация освещения изображения лазерным пятном, не понятен выбор параметров этого пятна. Тавтология в п. 3 «Научной новизны».

3) Национальный Исследовательский Университет ИТМО. Отзыв составил профессор, д.т.н., доцент Трофимов В.А. Замечания: Таблица 1 не убеждает в том, что предлагаемый автором способ измерения обладает достаточной точностью.

4) Учреждение науки «Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической техники». Отзыв составил заместитель директора, к.т.н. Прохорович Г.Е. Замечания: В тексте автореферата в полном объеме не отражено, как происходит определение положения дифракционных максимумов на изображении. Не указывается, о каких структурах материала (поверхностных или внутренних) идёт речь.

5) Воронежский государственный технический университет. Отзыв составил заведующий кафедрой автоматизированных и вычислительных систем, д.т.н., профессор Подвальный С.Л. Замечания: Автор часто не конкретизирует, изображения каких, собственно, структур он обрабатывает. Отсутствуют указания на методы определения неизвестных параметров

модели (обратная задача) и способы определения глобального экстремума и его координат.

6) Костромской государственной технологической университет (КГТУ). Отзыв составил декан факультета автоматизированных систем и технологий, к.т.н., доцент Лустгартен Ю.Л. Замечания: Автор слабо аргументирует необходимость использования светового пятна, имитирующего освещение лазером структуры материала. Не ясно, какова программная реализация используемого в работе преобразования Фурье: использовалась сертифицированная библиотека или же авторская реализация.

7) Череповецкий государственный университет. Отзыв составил к.т.н., доцент Щегряев Н.А. Замечания: На рис. 1(б) не ясно, каким образом соискатель определяет центры дифракционных максимумов. Непонятно, как накладывается на изображение световое пятно, имитирующее освещение структуры материала монохромным лучом лазера.

8) Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко. Отзыв составил почетный президент университета д.т.н., профессор Берил С.И. Замечания: Автором не обосновано теоретически заключение о том, что «для структуры ткани расстояния между дифракционными максимумами обратно пропорциональны расстояниям между соседними нитями утка и основы соответственно, а угол перекоса расположения максимумов равен углу уточного перекоса». То же самое относится и к определению угла кручения по дифракционной картине. Также нет теоретического обоснования выбора величин радиусов внутреннего и внешнего колец в модели имитации светового пятна и схемы построения диаграммы. На рис. 2 отсутствует подпись под осью абсцисс.

9) Псковский государственный университет. Отзыв составил президент университета д.т.н., профессор Вертешев С.М. Замечания: В автореферате не отражено, как определяются величины радиусов кольца при построении

диаграммы распределения интенсивности и как влияет освещенность образца материала с периодической структурой при выполнении фотографии на окончательную точность измерений по предлагаемым способам.

10) Текстильный институт Ивановского государственного политехнического университета. Отзыв составили президент университета д.т.н., профессор Соколов А.М. и к.т.н., доцент Блинов О.В. Замечания: Отсутствие в автореферате, при описании программной части, требований к ЭВМ и операционной системе, необходимых для выполнения разработанной программы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.т.н., доцент Лебедев Е.Л. является известным ученым в области бесконтактных методов измерения геометрических параметров микроструктур сложных материалов и изделий и контроля их качества; к.т.н., доцент Кульчицкий А.А. – ведущий специалист в области автоматизированной обработки изображений для контроля качества материалов и систем технического зрения; ведущая организация, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», является известной как в России, так и за рубежом организацией в области применения методов системного анализа в задачах материаловедения и технологии производства конструкционных и иных материалов с периодической структурой.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** алгоритмы обработки цифровых изображений материалов с периодической структурой для оценивания угловых и линейных геометрических параметров этой структуры, позволяющие повысить



оперативность и снизить затраты автоматического определения величин этих параметров;

**предложена** оригинальная аналитическая модель обработки цифровых изображений материалов, использующая алгоритм моделирования дифракции монохроматического света с использованием быстрого преобразования Фурье для расчета интеграла Френеля-Кирхгофа (дифракция Фраунгофера), что сокращает время численного интегрирования для функции интенсивности поля световых сигналов, заданного на двумерной поверхности, позволяет повысить оперативность определения геометрических параметров материалов по сравнению с существующими подходами и снизить затраты дифракционных методов за счет замены аппаратных оптических устройств компьютерными моделями;

**доказана** перспективность использования разработанного специального модельно-алгоритмического обеспечения для оценивания величин геометрических параметров различных материалов с периодической структурой, в том числе в условиях промышленного производства.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** возможность использования аналитической модели изображения дифракционной картины для определения величин линейных и угловых геометрических параметров материалов с периодической структурой, построенной на основе исходного цифрового изображения этих материалов;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использованы** методологический аппарат теории дифракции и Фурье-оптики, теории текстильного материаловедения, математического и компьютерного моделирования, цифровой обработки изображений, постановки численных экспериментов;

**изложены** методологические и методические основы использования моделей дифракционных картин для определения геометрических параметров микроструктур по взаимному расположению дифракционных максимумов;

**раскрыты** проблемы использования контактных методов исследования геометрических параметров материалов, связанных с физическим воздействием на исследуемый образец, перерасходом материала на нужды контроля и высокой стоимостью используемого оборудования по сравнению с бесконтактными методами на основе компьютерной обработки цифровых изображений материалов;

**изучены** существующие концепции и подходы к определению геометрических параметров структур материалов применительно к задачам определения их физико-механических характеристик, процессы программного анализа цифровых изображений таких структур с целью контроля качества производимых материалов и изделий;

**проведена модернизация** существующих математических моделей, методов и алгоритмов построения изображений картин дифракции Фраунгофера на микроструктурах с использованием интеграла Френеля-Кирхгофа для дискретного поля интенсивности светового сигнала, вычисленного с применением модернизированного алгоритма быстрого дискретного двумерного преобразования Фурье, и алгоритмов анализа распределения световых максимумов в моделируемом компьютерном изображении.

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

**разработаны и внедрены (указать степень внедрения)** следующие результаты диссертационной работы:

1) модель дифракционной картины и алгоритм её реализации по микроизображениям материалов с периодической структурой, используемая для бесконтактного оценивания геометрических параметров структуры и увеличивающая скорость вычислений за счет использования для расчета интеграла Френеля-Кирхгофа высокопроизводительного метода быстрого преобразования Фурье в СПбГУПТД в рамках учебного процесса в курсах «Методы и средства исследований», «Математическое моделирование» и в БГТУ им. Д.Ф. Устинова в рамках учебного процесса кафедры МДТТ для проведения практикумов по направлению «Прикладная механика» по профилям «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» и «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры»;

2) алгоритм построения угловой диаграммы распределения интенсивностей дифракционных максимумов и измерения с её помощью направления и угла кручения текстильной нити, а также определения дефекта перекося уточной нити в ткани, позволяющий автоматически и с высокой точностью измерять угловые размеры в текстильных микроструктурах, в СПбГУПТД в рамках учебного процесса в курсах «Компьютерное проектирование одежды», «Механико-технологические процессы текстильной промышленности», «Информационное обеспечение дизайн-проектирования» и «Информационные системы в дизайне изделий легкой промышленности»;

3) алгоритм расчета вторичной дифракционной картины периодической структуры материала по методу двойного Фурье-преобразования, повышающий точность измерения линейных геометрических параметров структур материалов в ООО «Сторм-СПБ» и ООО «Корпорация «КРЕПС» в рамках задачи контроля состояния вибрационных сит, применяемых в производстве;

4) экспериментальный образец системы бесконтактного определения величин геометрических параметров материалов с периодической

структурой, позволяющий повысить оперативность контроля качества этих материалов по сравнению с традиционными методами, отказаться от разрушения материала при проведении измерений и снизить использование ручного труда в СПбГУПТД в рамках курса «Интеллектуальные информационные системы» для студентов различных специальностей;

**определены** возможности и перспективы практического использования полученных результатов диссертации при исследовании цифровых изображений материалов с периодической структурой;

**создан** экспериментальный образец программно-аппаратной бесконтактной системы определения параметров структуры материалов;

**представлены** предложения и направления научных исследований для дальнейшего совершенствования модельно-алгоритмического обеспечения процессов компьютерной обработки цифровых изображений материалов и изделий с поверхностной периодической структурой для оценивания их геометрических параметров.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** воспроизводимость результатов многократных экспериментов, выполненных на сертифицированном современном оборудовании; достоверность полученных моделей изображений дифракционных картин подтверждена обоснованным применением аналитических методов: теории дифракции, численного решения интеграла Френеля-Кирхгофа, обоснованных алгоритмов быстрого преобразования Фурье и анализа распределения интенсивности светового сигнала; количественным и качественным согласованием с результатами, полученными на основе известных методов; патентами на изобретения.

**теория** построена на известных принципах, проверенных данных и фактах с использованием современных известных и апробированных методов исследования, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе работ отечественных и зарубежных исследователей в области обработки изображений, оптических методов определения геометрических параметров материалов с периодической структурой и контроля качества; на обобщении передового опыта в этой области;

**использованы** полученные экспериментальные результаты для сравнения с данными, приведенными в современной научной литературе по обработке цифровых изображений и бесконтактным методам определения геометрических параметров материалов с периодической структурой;

**установлено** качественное и количественное соответствие результатов решения задач определения геометрических параметров периодических структур материалов по их цифровым изображениям с использованием методов моделирования изображений дифракционных картин с результатами, полученными с использованием стандартных методов контроля этих геометрических параметров, применяемых в настоящее время на производстве; подтверждено преимущество бесконтактных методов оценивания геометрических параметров по изображениям материалов на основе предложенной методологии перед результатами, полученными другими авторами либо известными методами;

**использованы** сертифицированное оборудование и программные средства.

**Личный вклад соискателя состоит в:** разработке модели изображения дифракционной картины и алгоритма её реализации в приближении Фраунгофера для материала, имеющего периодическую структуру, разработке алгоритмов построения и анализа угловой диаграммы распределения интенсивности дифракционных максимумов для определения угловых геометрических параметров структуры материалов, разработке алгоритма определения линейных геометрических параметров структур

материалов с использованием способа двойного Фурье-преобразования, создании экспериментального образца системы бесконтактного определения величин геометрических параметров материалов с периодической структурой, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет считает, что Кофнов О.В. в своей диссертационной работе решил научную задачу разработки модели и алгоритмов обработки цифровых изображений для оценивания геометрических параметров материалов с периодической структурой, имеющую важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

На заседании 24.03.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Кофнову О.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 23, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного совета,

д.т.н., чл.-корр. РАН

Юсупов Рафаэль Мидхатович

Ученый секретарь диссертационного совета

к.т.н., доц.

Фаткиева Роза Равильевна

24.03.2016 г.