

Отзыв официального оппонента

начальника 11 кафедры Военно-космической академии имени
А.Ф.Можайского доктора технических наук, доцента
Лебедева Евгения Леонидовича

на диссертационную работу **Кофнова Олега Владимировича**
«Модель и алгоритмы обработки цифровых изображений для оценивания
геометрических параметров материалов с периодической структурой»,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка
информации (технические системы)

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки и использования бесконтактных способов анализа периодических структур, в том числе и для задач контроля качества изделий, с применением методов компьютерного моделирования известных физических процессов, в частности, явления дифракции света при освещении объекта исследования пучком когерентных волн. Преимущество данного научного направления определяется низкой стоимостью и оперативностью проведения численных экспериментов на данном этапе развития вычислительной техники. Соискателем решена важная **научная задача**, заключающаяся в разработке модели и алгоритмов обработки цифровых изображений для оценивания геометрических параметров периодических структур материалов: разработке модели обработки цифровых изображений материалов с периодической структурой и алгоритма моделирования процесса дифракции монохроматического света на этой структуре; разработке алгоритмов нахождения величин основных геометрических параметров структур материалов на основе математических моделей дифракционных картин; разработке и исследовании экспериментального образца программно-аппаратного комплекса, реализующего бесконтактные способы и алгоритмы оценивания основных геометрических параметров материалов с периодической структурой. Тема диссертации, направленность проведенных исследований и полученных результатов соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) (пункты №№ 2, 5 и 12 паспорта специальности).

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

На защиту вынесены следующие положения.

1. Модель изображения дифракционной картины и алгоритм её реализации в приближении Фраунгофера обеспечивают определение величин параметров материала, имеющего периодическую структуру.

2. Алгоритмы построения и анализа угловой диаграммы распределения интенсивности дифракционных максимумов позволяют определить угловые

геометрические параметры: направление и величину угла кручения нитей, а также дефект перекоса нитей в ткани.

3. Алгоритм определения линейных геометрических параметров позволяет увеличить точность измерения периодических расстояний между элементами структур материалов с использованием способа двойного Фурье-преобразования.

4. Экспериментальный образец программно-аппаратной системы бесконтактного определения геометрических параметров материалов с периодической структурой с использованием разработанных алгоритмов обеспечивает повышение оперативности и сокращение затрат на анализ параметров структуры материала.

Обоснованность и достоверность этих положений подтверждаются:

- корректной и четко формализованной постановкой задачи диссертационного исследования;
- глубоким анализом существующих методов определения геометрических параметров материалов с периодической структурой, проведенным в главе 1;
- анализом теоретических положений Фурье-оптики в их практическом применении к задачам моделирования изображений дифракционных картин, выполненным в главе 2;
- разработкой и обоснованием с использованием этих теоретических положений алгоритмов построения и анализа цифровых изображений дифракционных картин, выполненных в главе 3;
- созданием с использованием разработанных алгоритмов экспериментального образца программно-аппаратной системы бесконтактного определения геометрических параметров материалов с периодической структурой и демонстрацией его практического применения на примере текстильных материалов, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, что продемонстрировано в главе 4;
- апробацией полученных результатов исследования на всероссийских и международных научных конференциях и публикацией в отечественной и иностранной печати;
- сравнением предложенных алгоритмов и методик с существующими способами определения геометрических параметров структур материалов по точности и оперативности;
- непротиворечивостью результатов проведенного компьютерного моделирования физическому смыслу исследуемых явлений.

Научная новизна

К теоретической новизне работы следует отнести разработанную соискателем аналитическую модель обработки цифровых изображений материалов с периодической структурой и алгоритм моделирования дифракции монохроматического света с использованием быстрого преобразования Фурье для расчета интеграла Френеля-Кирхгофа. К практической новизне относятся алгоритмы определения угловых

геометрических параметров структуры материалов с использованием диаграммы распределения интенсивности светового сигнала в дифракционной картине и алгоритм определения линейных геометрических параметров с использованием двойного преобразования Фурье, а также их реализация в виде экспериментального образца программно-аппаратной системы бесконтактного определения основных геометрических параметров повторяющихся структур. Разработанные соискателем модели и алгоритмы позволяют повысить оперативность определения величин искомых геометрических параметров, снизить затраты за счет замены аппаратных оптических устройств компьютерными моделями, повысить точность и уровень автоматизации процесса измерения, выполнять контроль качества для широкого диапазона различных материалов по их цифровым изображениям.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Теоретическая значимость данной диссертационной работы состоит в систематизированном подходе соискателя к процессу обработки изображений структур с повторяющимися элементами, в разработанной соискателем модели обработки цифрового изображения, описанной в параграфе 2.3, в предложенном соискателем алгоритме вычисления интеграла Френеля-Кирхгофа с помощью быстрого преобразования Фурье, в использовании угловой диаграммы распределения интенсивности в алгоритмах нахождения угловых геометрических параметров элементов периодической структуры материалов и алгоритмической реализации способа измерения линейных параметров с использованием двойного преобразования Фурье.

Практическая значимость выражена в разработке соискателем бесконтактных алгоритмических способов определения таких важных для определения качества изделия параметров, как величина угла кручения (нити, проволоки, каната), величина перекоса переплетения (нитей в ткани, проволоки в сетке), поверхностной плотности ткани, размеров ячеек сетчатых конструкций, расстояний между профрезерованными каналами, шага и наклона витков в катушке индуктивности и пр. Соискателем приведены примеры использования предложенных им методик только для текстильных материалов, однако независимость алгоритмов определения геометрических параметров от способов получения исходных изображений позволяет распространить их на все материалы и изделия с аналогичной поверхностной структурой.

Оценка содержания и завершенности диссертации

Диссертация, выполненная соискателем, содержит совокупность новых результатов и положений, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне, является завершенным научным трудом, в котором содержится решение научной задачи разработки модели и алгоритмов обработки цифровых изображений для оценивания геометрических

параметров периодических структур материалов. Предложенные автором новые решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с известными решениями, в работе приведены сведения и рекомендации по использованию полученных научных и практических результатов. Оформление диссертации соответствует требованиям.

Однако в рамках данной работы к соискателю имеется ряд замечаний:

1. Используя формулу (3.4) соискатель существенно упрощает используемую им модель дифракционной картины. Это даёт ему преимущество в возможности использования быстрого преобразования Фурье для построения моделей изображений дифракционных картин, что существенно экономит машинное время, особенно при обработке изображений с высоким разрешением, содержащим большое количество пикселей. Однако при современном развитии вычислительной техники вычисление интеграла Френеля-Кирхгофа можно было бы осуществлять и без упрощения (3.4). В работе не представлено сравнение двух способов моделирования дифракционных картин, что не позволяет сделать вывод о возможных преимуществах быстрого действия и потери точности за счет упрощения модели дифракционной картины формулой (3.4).
2. Из текста работы непонятно, как качество изображения (фотографии) исследуемого объекта влияет на погрешность измерений его параметров.
3. Из текста работы непонятно, каким образом выбираются параметры пятна при имитации освещения исходного изображения лучом лазера, а также параметры кольца (внутренний и внешний радиус, ширина сектора, шаг его смещения) при построении угловой диаграммы распределения интенсивности.
4. Понятия радиусов R_1 и R_2 и сектора с угловым размером α для угловой диаграммы распределения интенсивности соискатель вводит уже в параграфе 2.3, а саму диаграмму и алгоритм её построения описывает лишь в параграфе 3.2.3. Без этого описания не ясно, зачем использовать эти параметры в модели анализа изображения.
5. На стр. 79 соискатель пишет: «Сумма в выражении (2.5) с точностью до константы...», однако в формуле (2.5) на стр. 48 никакой суммы нет. Очевидно, имеет место опечатка.
6. В параграфах 3.2.2 и 4.3.2 описан способ определения направления кручения нити по распределению интенсивности в квадрантах дифракционной картины. Однако этот способ и алгоритм его реализации почему-то не вынесены на защиту, хотя у соискателя даже имеется соответствующая зарегистрированная программа для ЭВМ (п. 95 списка литературы диссертации и стр. 174 в приложении).
7. На стр. 45-47 из текста работы не ясно, выведены ли формулы (2.1)-(2.4) соискателем самостоятельно или взяты из источника [42].

Однако высказанные замечания никаким образом не преуменьшают общее отличное качество работы и то, что её автор достоин присвоения ученой степени кандидатом технических наук.

Публикация основных научных результатов

По теме диссертации соискателем опубликовано 16 статей, в том числе 10 в журналах из Перечня ВАК; получено 2 патента на изобретения и зарегистрировано 4 компьютерные программы. Основные результаты доложены и опубликованы в трудах трех всероссийских и одной международной конференций.

Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам работы

Автореферат отражает основное содержание работы, достаточно информативен и оформлен в соответствии с требованиями к оформлению авторефератов, предъявляемых ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Заключение

Диссертация Кофнова О.В. представляет собой законченное научное исследование, результаты которого обладают научной новизной.

Работа Кофнова Олега Владимировича отвечает требованиям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)» (пункты №№ 2, 5 и 12 паспорта специальности).

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент