

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Жуковской Инги Анатольевны «**Количественные критерии оценки качества цифровой обработки изображений веществ различной физико-химической природы**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Наибольший интерес для исследования и диагностики веществ различной физико-химической природы представляют методы, обладающие высокой чувствительностью, разрешением, простотой реализации, доступностью для широкого круга исследователей и дающие не только качественную, но и количественную информацию об исследуемых объектах. Что касается диагностики монокристаллов, то к таким методам можно отнести рентгеновские и поляризационно-оптический анализ. Для исследования биологических объектов, жидких веществ, применяется большое количество методов, которые, как правило, требуют дорогостоящего оборудования, вспомогательных материалов, высокой квалификации специалистов, времени диагностики и т.д. В последние годы получили развитие цифровые методы, которые значительно расширили возможности традиционных, обеспечивая большую экспрессность исследования и достоверность. Возможности цифровых методов постоянно расширяются, благодаря созданию профессиональной оргтехники и программного обеспечения.

В методах, основанных на получении изображений исследуемых объектов и их визуальном анализе, присутствует большой элемент субъективизма, обусловленный различной остротой зрения и опытом специалистов, их проводивших. В большинстве случаев анализ изображений носит качественный характер. Для получения более объективной информации необходимо введение надежных и желательно простых количественных критериев.

Реценziруемая диссертационная работа И.А. Жуковской является логическим продолжением исследований по созданию цифровых методик обработки изображений, полученных топографическими и оптическими методами при исследовании монокристаллических материалов, а также методик, основанных на регистрации цвета и его изменения под действием различных внешних факторов для оцифрованных изображений биологических и жидких объектов, проводимых в Совместной с ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН научно-учебной лаборатории «Компьютерные технологии в дифракционной диагностике материалов» Новгородского филиала Санкт-Петербургского государственного университета сервиса и экономики.

В данной диссертационной работе уделено большое внимание совершенствованию как ранее разработанных методов цифровой обработки, так и созданию новых, позволяющих перейти от качественного анализа изображений к их количественной оценке, что существенно повышает надежность и достоверность полученных экспериментальных результатов. Выбор количественных критериев при оценке изображений – это главный стержень работы.

Работа состоит из двух частей.

Первая часть связана с разработкой цифровых методов обработки поляризационно-оптического и топографического контраста, содержащего изображения дефектов структуры монокристаллов, с повышением их экспрессности, с устранением флюктуаций интенсивности, а также с введением простых и надежных количественных критериев оценки качества анализируемого контраста.

Вторая часть связана также с разработкой цифровых экспресс-методов, основанных на регистрации цвета и его изменения при различных внешних воздействиях для широкого круга объектов различной физико-химической природы, с исследованием сложных процессов, протекающих в веществе, и введением количественных критериев оценки качества исследуемых объектов и регистрации изменения цвета.

Введение количественных критериев базируется на едином подходе, проверенном на

различных объектах, что дает возможность их применения и для других объектов, для которых имеет место, даже не видимое визуально, изменение цвета.

Безусловно, решаемые в данной диссертационной работе проблемы являются на сегодняшний день актуальными, важными и затребованными специалистами различных областей науки и техники, пищевых предприятий и контролирующих качество продукции организаций.

Достижение поставленной цели стало возможным только благодаря успешному решению И.А. Жуковской и ее коллегами большого круга сложных научных и практических задач.

Диссертация построена классическим образом: состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 226 наименования. Объем диссертации составляет 207 страниц, включая 95 рисунков и 12 таблиц.

Во введении обоснована актуальность избранной темы, основные цели диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы научные положения, выносимые на защиту, приводится перечень основных публикаций по теме диссертации, включая научные монографии, статьи и расширенные тезисы докладов конференций и семинаров, на которых были апробированы основные результаты диссертации, а также указан не вызывающий сомнения личный вклад диссертанта.

В первой главе, состоящей из 12 разделов, кратко и на хорошем профессиональном уровне дается литературный обзор основных методов регистрации и особенностей формирования изображений дефектов структуры различного типа. Глава состоит из:

В разделах 1.1–1.3 рассматривается формирование экспериментального контраста в методах Ланга, РТБ, Берга-Баретта-Ньюкирка, поляризационно-оптического анализа и томографии, а также определены области их наиболее эффективного применения.

В разделах 1.4–1.6 рассматриваются приемы расшифровки экспериментального контраста и идентификации дефектов структуры, моделирования теоретического контраста дефектов структуры различного типа, факторы, затрудняющие расшифровку экспериментального контраста и надежную идентификацию дефектов структуры, основные направления цифровой обработки.

В разделе 1.7 дается краткое описание ранее разработанных и апробированных методов цифровой обработки, основанных на анализе яркостных характеристик экспериментального контраста.

В разделах 1.8–1.11 перечисляются методы частотного анализа экспериментального контраста, кратко излагаются теория дискретного вейвлет-анализа и особенности цифровой обработки на его основе, рассматриваются ранее полученные результаты устранения фоновой неоднородности и зернистости экспериментального контраста, содержащего различные дефекты структуры, и сравнивается эффективность обработки изображений при использовании различных методов и вейвлет-базисов.

В разделе 1.10 первой главы предлагается новая методика устранения фоновой неоднородности, основанная на дискретном вейвлет-анализе и обладающая большим по сравнению с ранее предложенными методиками быстродействием (время обработки уменьшено в 10–12 раз), позволяющая эффективно устранить явление элайзинга и получить более качественные изображения дефектов структуры.

Раздел 1.12 содержит выводы и постановку основных задач данного диссертационного исследования:

– разработку методики разделения близко расположенных дефектов структуры; разработку простых количественных критериев оценки эффективности цифровой обработки (метода обработки и выбора оптимального вейвлет-базиса);

– оценку искажений и потери информации при цифровой обработке контраста (глава 2);

– апробирование методик качественного и количественного анализа для исследования и диагностики веществ различной физико-химической природы и технологических

процессов (3 глава).

И.А. Жуковской грамотно сформулированы цель исследования и решаемые задачи.

Вторая и третья главы содержат основной экспериментальный материал, полученный при диссертационном исследовании, и, включая *раздел 1.10* первой главы, представляют наибольший интерес.

Вторая глава состоит из восьми разделов и посвящена рассмотрению различных методик количественной оценки качества топографических и поляризационно-оптических изображений дефектов структуры монокристаллов, снижающих субъективный фактор при визуальном восприятии анализируемого контраста, ошибки при идентификации дефектов структуры и их локализации в объеме монокристалла.

В *разделе 2.1* с целью более надежной идентификации и разделения близко расположенных дефектов предложена методика зашумления теоретического контраста основных типов дефектов структуры монокристаллов и подгонки его под экспериментальный.

В *разделах 2.2–2.4* рассматриваются основные проблемы введения количественных критериев при выборе метода цифровой обработки и оптимального вейвлет-базиса, оценки ее результатов, классификация методик количественной оценки качества изображений и особенности трех апробированных в работе методик, основанных на вычислении среднеквадратичного отклонения (MSE), пикового отношение сигнала к шуму (PSNR) и показателя структурного сходства (SSIM). В *разделе 2.4* приводятся примеры цифровой обработки теоретического зашумленного контраста дефектов структуры монокристалла 6H-SiC различными вейвлетами и результаты оценки качества реставрации его восстановления метриками MSE, PSNR и SSIM.

В *разделе 2.5* рассматривается предложенный И.А. Жуковской более простой, экспрессный и легко технически реализуемый в программе «Image-Pro Plus 6.0» подход количественной оценки качества цифровой обработки. Подход проверен на тестовых объектах – теоретическом зашумленном контрасте краевой и правовинтовой дислокаций, когерентном включении типа «вакансия» монокристалла 6H-SiC и экспериментальном контрасте при восстановлении изображений вейвлетами Симлета (sym8) и Мейера (dmey). В основе лежит построение яркостных характеристик, профилей интенсивности и разностного нулевого и не нулевого контраста. Полученный результат полностью совпадал с результатами, полученными с помощью традиционных метрик PSNR, MSE и SSIM.

В последующих разделах второй главы приводятся примеры применения предложенной методики количественной оценки для изображений, полученных различными методами и сохраненными в различных форматах.

В **третьей главе**, состоящей из 8 разделов, предлагаются простые цифровые экспресс-методики оценки качества веществ различной физико-химической природы и выявления фальсифицированной продукции, основанные на регистрации цветовых характеристик и их изменений при различных внешних воздействиях. В основе предложенных методик лежит оцифровка исследуемых объектов с помощью профессионального планшетного сканера и цифрового аппарата, построение для оцифрованных изображений яркостных характеристик, профилей интенсивности, нулевого и не нулевого разностного контраста, областей равного контраста, разложение изображений по цветовым каналам.

И.А. Жуковской выбраны сложные для цифровой диагностики объекты – мясное сырье и продукция из него, вода, пиво, вино, различные виды посола мяса многокомпонентной смесью.

В *разделе 3.1* кратко описаны основные методы исследования и контроля качества, применяемые предприятиями пищевой промышленности, и делается вывод о перспективности применения в качестве основного параметра цвета исследуемого объекта и его изменения.

В *разделах 3.2 и 3.3* приводятся экспериментальные результаты компьютерной диагностики качества мясного сырья и мясной продукции разных поставщиков в зависимости от условий их хранения.

Раздел 3.4 посвящен компьютерной визуализации и диагностике сухого и мокрого способов посола на примере мяса цыплят-бройлера многокомпонентной смесью соль-перец-чеснок. Разработаны и апробированы три цифровые методики (четвертая – комбинированная): 1 методика основана на анализе областей равного контраста и профилей интенсивности; 2 методика основана на разложении изображения по цветовым каналам (красный, зелёный, синий), построении областей равного контраста и профилей интенсивности; 3 методика, основана на регистрации разностного контраста, построении областей равного контраста и профилей интенсивности; 4 методика – комбинированная.

Методики позволяют определить количественные характеристики процесса: скорость и глубину проникновения как посолочной смеси, так и в отдельности ее компонент.

Раздел 3.5 содержит исследование питьевой и речной воды при регистрации ее цветовых характеристик и их изменения. Показана хорошая корреляция эксперимента с результатами, полученными по гостированным методикам на водоочистительной станции, что позволяет говорить о возможности экспресс-диагностики качества воды по предлагаемой в работе методике.

Раздел 3.6 содержит экспериментальные результаты экспресс-диагностики качества пива. Показана возможность выявления и идентификации без применения специальных красителей частиц различной физико-химической природы, содержащихся в пиве и процесса его старения.

В разделе 3.7 рассмотрена методика выявления по цвету и его изменению фальсифицированной винной продукции.

Раздел 3.8 содержит выводы по главе.

Результатом проведенных в данной главе исследований является создание цифровых методик экспресс-диагностики качества и убедительная демонстрация их возможностей для исследуемых объектов, введение простых и надежных количественных критериев оценки качества. Все методики апробированы в условиях серийного производства пищевой продукции, водоочистительных станциях и хорошо соответствуют предложенным теоретическим моделям.

Заключение полностью отражает основные полученные в работе экспериментальные результаты и их соответствие защищаемым научным положениям.

В ходе выполнения диссертационных исследований И.А. Жуковской удалось найти эффективные пути достижения цели и решения поставленных задач, четко сформулировать научные положения, достаточно полно представить основные оригинальные результаты, подчеркнуть их новизну и практическую значимость.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, является во многом пионерской и содержит в себе ряд новых оригинальных результатов, к которым можно отнести следующие.

1. Предложен эффективный цифровой метод устранения фоновой неоднородности экспериментального контраста, содержащего изображения дефектов структуры, с помощью дискретного вейвлет-анализа, обладающий в 10–12 раз большим быстродействием, чем ранее предложенные, и дающий высокое качество обработанного контраста.

2. Предложены простые критерии количественной оценки качества цифровой обработки и различий в сравниваемых изображениях, оптимального выбора метода обработки и вейвлет-базиса, основанные на построении яркостных характеристик, профилей интенсивности и разностного нулевого и не нулевого контрастов.

3. Предложены простые в реализации экспресс-методики оценки качества веществ различной физико-химической природы (мясо, мясное сырье, вода, пиво, вино), соответствия их ГОСТ и выявления фальсифицированной продукции, основанные на регистрации их цвета и его изменения под действием различных внешних факторов.

4. Предложены четыре метода визуализации процесса посола мяса, количественного определения глубины и скорости проникновения посолочной смеси и отдельно ее компонент.

Текст диссертации написан четко и грамотно, отсутствует перегрузка второстепенным материалом. Рисунки и графики хорошо иллюстрируют основные результаты, полученные автором. Автор умеет давать простую и наглядную физическую интерпретацию теоретическим и практическим результатам. Новизна и практическая значимость диссертации, выносимые на защиту положения, сформулированы профессионально. Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнения. По тексту диссертации четко прослеживается личное участие автора в проведении исследований и его вклад.

Автореферат дает исчерпывающее представление о диссертации и ее аprobации.

Работа хорошо аprobирована на престижных конференциях и семинарах, собирающих большое количество ведущих специалистов, представлена в двух монографиях по теме диссертации, изданных в Германии и двух статьях в журнале «Заводская лаборатория. Диагностика материалов».

По диссертации можно сделать следующие замечания.

1. Первое замечание носит рекомендательный характер. В третьей главе для уменьшения объема диссертации и автореферата можно было бы ограничиться приведением, с моей точки зрения, наиболее интересных экспериментальных результатов – исследование и визуализация процесса посола мяса, диагностика качества воды, которые дают полное представление о предлагаемых методиках и подходах, а в небольшом разделе в конце главы перечислить другие объекты, на которых была проведена проверка методик.

2. При исследовании и визуализации процесса посола мяса, несмотря на то, что приведены теоретические модели и соответствующие им картинки, на экспериментальном контрасте для большей наглядности желательно было бы как-то выделить области, соответствующие проникновению той или иной компоненты посолочной смеси.

3. При диагностике качества воды по предложенной в работе методике проводится сравнение с результатами, полученными по гостированным методикам на водоочистительной станции, – это сравнение с цветностью, мутностью, щелочностью и pH, хотя на эти параметры и характеристики влияет очень много других факторов и примесей. Хотелось бы, чтобы в работе была дана более полная информация о химическом составе воды, т.е. об основных примесях и загрязнениях.

4. Хотелось бы увидеть более развернутые предложения автора работы по дальнейшему развитию исследований в этом интересном и перспективном научном направлении.

Перечисленные выше замечания не умаляют высокий научный и практический уровень диссертации, а носят скорее характер пожеланий.

Считаю, что по объему полученных результатов, их новизне, актуальности, практической и научной значимости представленная работа соответствует требованиям пункта 8 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а **Инга Анатольевна Жуковская**, вне всякого сомнения, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Профессор, доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией рефлектометрии и
малоуглового рассеяния ИК РАН

Виктор Евгеньевич Асадчиков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Российской академии наук (ИК РАН)

119333, г. Москва, Ленинский проспект 59

тел. +7 (499) 135-22-00, e-mail: asad@crys.ras.ru

подпись Асадчикова
заверяю: вед. инж. оцен.

Бразин Е.Г.

