

## О Т З Ы В

официального оппонента, *доктора технических наук, доцента Манойлова Владимира Владимировича*, на диссертацию *Кадим Мохаммед Худаир Кадим* на тему "Контроль и диагностика дефектов керамической плитки в процессе производства на основе технического зрения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

### 1. Актуальность темы диссертации

Керамическая плитка широко используется в промышленности, в гражданском строительстве, в химической промышленности, металлургии, а также для защиты от радиации. В последние годы объем рынка керамической плитки в России показывает тенденции роста.

Основные стадии производства керамической плитки: приготовление исходных смесей, формование, глазурирование и обжиг, транспортировка и упаковка в настоящее время достаточно хорошо автоматизированы, однако стадия выходного контроля плитки на наличие дефектов на ее лицевой поверхности в большинстве случаев проводится операторами визуально. Это сопряжено с большой нагрузкой на зрение операторов и не гарантирует необходимого качества контроля.

Рассматриваемые в диссертации автоматизированные методы контроля дефектов керамических плиток на ее лицевой поверхности в режиме реального времени позволяют снизить нагрузку на зрение операторов, а также повысить производительность изготовления продукции. Развитие этих методов является актуальной задачей.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9- 491 от 29.10.24 1  
АУ УС

Дополнительно к этому, в диссертации также рассматриваются методы оценки степени защиты от радиации с помощью керамических плиток, что безусловно очень важно и актуально.

По моему мнению актуальность темы диссертации соискателем достаточно хорошо обоснована.

## **2. Научная новизна диссертации**

1. В работе Кадим М.Х. предложен и научно обоснован комплексный алгоритм автоматизированного обнаружения поверхностных и краевых дефектов монохроматической керамической плитки на основе обработки изображений ее поверхности в режиме реального времени.

2. Предложена методика проведения автоматизированного контроля дефектов керамической плитки и отбраковки негодных плиток в процессе серийного производства. Методика тщательно экспериментально проверена и показала высокий процент правильного обнаружения дефектов.

3. Особенностями комплексного алгоритма и его реализации является возможность выполнения обнаружения дефектов без жестких требований к освещению объектов контроля и к высокому контрасту изображений.

4. Для контроля тональных дефектов однотонных керамических плиток и возможного изменения оттенков цвета плиток при формировании партий предложен и апробирован алгоритм на основе гистограмм. Для устойчивой работы в режиме реального времени алгоритм использует параметры гистограмм, характеризующие дефекты цвета.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

1. Высокая степень обоснованности и достоверности, полученных научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена тем, что предложенные в работе алгоритмы и методики автоматизированного

обнаружения поверхностных дефектов монохроматической керамической плитки были реализованы в разработанном автором программном обеспечении. Это программное обеспечение было апробировано на большом количестве экспериментальных данных и показало высокий процент правильно обнаруженных дефектов в автоматизированной системе в режиме реального времени.

2. Сопоставление литературных данных и результатов автора, полученных в эксперименте и с помощью математического моделирования, показало их высокое соответствие, что также подтверждает достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

**1. Алгоритмы, методики и программное обеспечение, предложенные в диссертационной работе, Кадим М.Х., позволили повысить достоверность автоматизированного контроля в условиях серийного производства в режиме реального времени.**

В работе Кадим М.Х. для решения поставленных задач по автоматическому обнаружению дефектов керамической плитки используются программные модули, реализующие типовые операции обработки изображений из открытой библиотеки OpenCV. Параметры этих модулей были адаптированы в диссертационной работе для обеспечения эффективного обнаружения дефектов и для достижения нужного быстродействия при работе в режиме реального времени.

После предварительной обработки изображения переводятся в оттенки серого, и выполняется первый этап комплексного алгоритма, на котором выявляются механические дефекты на гранях и уголках плитки. Если дефекты обнаруживаются, плитка бракуется.

На втором этапе выполнения комплексного алгоритма обнаруживаются дефекты на лицевой поверхности, а на третьем этапе выявляются возможные цветовые дефекты.

Наличие этих этапов показывает комплексность разработанных автором алгоритмов и методик.

Следует еще отметить, что параметры обнаруживаемых дефектов керамических плиток для их отбраковки соответствуют требованиям ГОСТов.

Разработанное программное обеспечение было тщательно протестировано в работе с моделями изображений и с реальными изображениями. При этом автор обращал серьезное внимание на робастность алгоритмов при работе в неблагоприятных условиях освещения и при наличии других мешающих факторов.

## **2. Автор провел исследования и экспериментально оценил параметры свойств керамической плитки по защите от ионизирующего излучения.**

Эксперименты, проведенные автором, показали, что имеющиеся в широкой продаже керамические плитки обычной толщины обеспечивают значительную степень защиты (60%) населения от низкоэнергетических гамма- и, соответственно, рентгеновских лучей, но существенно меньшую защиту (20%) от излучения высокой энергии, например, 1332кэВ.

Результаты диссертационного исследования, проведенные Кадим М.Х., в достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 2 статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 1 статье в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Полученные в диссертационной работе Кадим М.Х. результаты имеют научное и практическое значение. Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в следующих положениях:

1. Разработанные архитектура, алгоритмы и методики системы диагностики дефектов позволяют проводить промежуточный и выпускной контроль монокромной керамической плитки в реальном времени и при этом не требуют предъявления эталонной плитки.

2. Адаптация автором программных модулей элементарных операций обработки изображений из открытой библиотеки OpenCV позволила упростить реализацию разработанных алгоритмов и тем самым обеспечить эффективное обнаружение дефектов керамической плитки и нужное быстродействие для выполнения работы в режиме реального времени.

Практическая значимость работы Кадим К.М. заключается в следующих положениях:

1. Предлагаемые методики и алгоритмы контроля механических и цветовых дефектов лицевой поверхности монокромной керамической плитки обеспечивают 97% правильных обнаружений в реальном времени на конвейере в условиях серийного производства.

2. В работе получены численные оценки степени защиты керамической плитки от ионизирующих излучений различной мощности.

3. Результаты работы внедрены в производственную деятельность АО «Нефрит-керамика» и НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей».

## **5. Рекомендации по использованию результатов работы**

Работа Кадим К.М. носит прикладной характер. Ее результаты целесообразно использовать и внедрять на различных предприятиях, серийно выпускающих керамическую плитку. Исследования, выполненные автором, целесообразно продолжить в научных коллективах, занимающихся обработкой изображений в реальном времени и автоматизацией процессов в химической промышленности.

## **6. Замечания и вопросы по работе**

1. В работе не приводится описание математической модели, с помощью которой создаются изображения, имитирующие изображения, получающиеся в условиях серийного производства.

2. Какова величина отношения полезного сигнала к шуму в реальном изображении и его модели?

3. В главе 4 не для всех типов дефектов указаны параметры этих дефектов, например, в таблице 4.5 указаны типы дефектов, но не указаны их параметры.

4. Какой размер окна при проведении медианной фильтрации и нет ли необходимости кроме медианной, применить еще и другие алгоритмы фильтрации.

5. При каком отношении полезного сигнала к шуму эффективно работает алгоритм определения порога обнаружения, с помощью которого изображений в градациях серого переводится в бинарное.

6. Каким образом осуществлялась фокусировка регистрируемого изображения в установке для тестирования алгоритмов, описанной в главе 4? Вручную или автоматически, по какому-то критерию? Как влияет качество фокусировки на эффективность работы алгоритмов?

7. В последнее время в алгоритмах обработки изображений широко используются методы машинного обучения и искусственные нейронные

сети. У автора работы есть об этом упоминание в диссертации. Однако автор из-за их сложности и невозможности работы в реальном времени считает, что эти методы неприемлемы. При постоянном увеличении быстродействия компьютеров, развитии параллелизма в обработке данных, совершенствовании методов искусственного интеллекта может следовало бы все-таки рассмотреть возможности использования этих методов для диагностики плиток более детально?

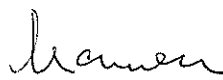
## **8. Заключение по диссертации**

Считаю, что цель диссертационной работы Кадим М.Х. достигнута. Все поставленные в работе задачи выполнены. Диссертация Кадим М.Х. представляет собой комплексное, законченное исследование на актуальную тему, имеющее научное и практическое значение. Диссертация написана простым понятным языком. Количество опечаток и орфографических ошибок в текстах диссертации и автореферата минимальное. Результаты работы в достаточной степени проиллюстрированы таблицами и рисунками. Обзор литературы и список литературных источников свидетельствует о хорошем знакомстве автора с современными исследованиями в изучаемой области. Отмеченные выше замечания и вопросы по работе носят информационный и рекомендательный характер и не влияют на положительную оценку работы.

Диссертация *Кадим Мохаммед Худаир Кадим* на тему "Контроль и диагностика дефектов керамической плитки в процессе производства на основе технического зрения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения « Санкт-Петербургский горный университет

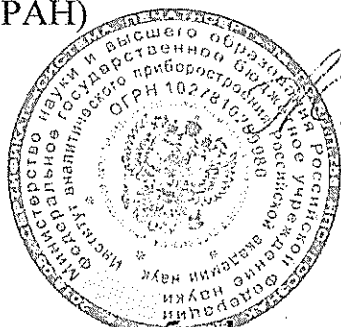
Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20/05/2021 № 953 адм, а ее автор *Кадим Мохаммед Худаир Кадим* заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Официальный оппонент, заведующий лабораторией «Автоматизации измерений и цифровой обработки сигналов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), доктор технических наук, доцент

 Манойлов Владимир Владимирович  
28.10.2024г.

Подлинность оригинальной подписи официального оппонента Манойлова Владимира Владимировича заверяю:

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН)



доктор технических наук  
Евстрапов Анатолий Александрович  
т. (812)363-07-19.

**Сведения об официальном оппоненте:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), Почтовый адрес: 198095, г. Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, 31-33, лит.А, сайт: [iairas.ru](http://iairas.ru), эл.почта [iaip@ianin.spb.su](mailto:iaip@ianin.spb.su), телефон : (812) 363-0719