

ОТЗЫВ

официального оппонента Шакина Олега Васильевича
на диссертационную работу Кушковой Анастасии Сергеевны
«Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей
качества цветных драгоценных камней»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время для оценки показателей качества драгоценных камней (ДК) используется экспертный (органолептический, визуальный) метод с использованием геммологических приборов, позволяющий изучать качественные признаки ДК (цвет, дефектность, огранку и др.).

В используемой нормативной документации, регламентирующей процедуру проведения оценки показателей качества ДК, утверждены органолептические методы их оценки с использованием оптических инструментов и контрольно-арбитражных образцов – мер-имитаторов. Необходимость строго соблюдения условия освещения и методов анализа не исключает вероятности появления ошибок, а характеристики используемых цветных мер-имитаторов могут деградировать.

Таким образом, актуальна проблема объективной оценки показателей качества цветных ДК. Её решение может быть достигнуто за счет совершенствования существующих подходов в оценке цветных ДК: переход от

качественного анализа к количественному и разработка методики «цифровой» оценки, что позволило бы достичь повышения эффективности и объективности процедуры анализа показателей качества.

2. Структура диссертации и ее краткое содержание

Текст диссертационного исследования изложен на 150 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, списка использованных источников, содержащего 80 наименований. Диссертация содержит 50 рисунков и 17 таблиц, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11–2011. Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме, языком, принятым в научно-технической литературе.

В первой главе рассмотрены результаты анализа нормативных документов и методов оценки цветных ДК. Выявлены недостатки в выборе эталонов цвета, оценке цветовых оттенков и сложности различения оттенков. Предложено использование цифровой регистрации и обработки изображений ДК для определения их цветовых характеристик и чистоты бесконтактными методами машинного зрения и колориметрии.

Во второй главе проанализированы основы создания моделей Gemset, содержащих данные о светлоте, насыщенности и оттенке ДК, адаптированные к человеческому зрению. Разработан экспериментальный стенд для автоматического оптического анализа ДК. Проведены исследования набора GIA GemSet 324 с использованием спектральных методов и машинного зрения для получения базы цветовых координат всех образцов. Это позволяет моделировать цвет ДК при различных условиях освещения, характеристиках приемника излучения и эталона белого. Исследованы принципы цветовоспроизведения человеческим зрением через систему машинного зрения для перехода к количественному анализу цвета ДК в соответствии с международными стандартами колориметрии.

В третьей главе описан экспериментальный стенд для анализа цветных ДК. Принципы построения стенда позволяют получать изображения камней в режимах "на отражение" и "на пропускание" для определения цветовых параметров и чистоты. Разработаны технические решения для верхнего и нижнего модулей подсветки, обеспечивающие равномерное освещение ДК. Разработанные алгоритмы обработки изображений включают колориметрическую коррекцию, геометрическую калибровку и определение основных параметров качества камней.

В четвертой главе приведены результаты исследования ДК с помощью разработанного стенда. Первый этап исследований позволил оценить стабильность определения геометрических, цветовых параметров и чистоты образцов бериллового сырья. Среднее отклонение цветовых параметров образцов не превышает 1,5%, а относительных площадей дефектов составляет 3,3%. На втором этапе анализировались синтетические минералы и изумрудные мастер-камни компаний RusGems и GemLovers. Результаты совпали с экспертными заключениями, за исключением классификации чистоты ограненных камней.

В пятой главе рассматривается анализ ошибок, возникающих при использовании экспериментального стенда для оптического анализа цветных ДК. Выявлено, что основные факторы, влияющие на точность работы, включают метамеризм цвета, спектральные характеристики подсветки и нестабильность компонентов. Метамеризм оказывает систематическое влияние, но применение колориметрической калибровки позволяет уменьшить его значимость. Ошибки в цветовоспроизведении от использования светодиодной подсветки корректируются через переопределение точки белого. Оценка погрешностей показала, что относительная погрешность цветового анализа 1,3% и соответствует классу точности 1,5, погрешность определение прозрачности – 1,0% и соответствует классу точности 1,0.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертационного исследования. Список использованных источников достаточно полно отражает современное состояние темы исследования.

В двух приложениях представлены протоколы испытания оптикоэлектронной системы количественной оценки качества драгоценных камней, подтверждающих достоверность определения показателей качества. Автореферат диссертации в поной мере отражает содержание диссертационной работы. Название и содержание диссертации соответствует пункту 2,3,4 области исследования паспорта специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики (технические науки) «2.2.6. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы». В автореферате достаточно подробно отражены основные результаты диссертационного исследования, отсутствуют противоречия между данными автореферата и диссертации. Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ВАК. Содержание и структура диссертации подчинены единой логике и соответствуют поставленной цели и задачам исследования.

Представленная соискателем работа является структурно целостным и завершенным в рамках поставленных задач научным исследованием.

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений

Представленные материалы диссертации позволяют сделать вывод о достаточно полной обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Результаты исследований демонстрируют отсутствие противоречий с результатами аналогичных исследований, полученными другими исследователями. Разделы диссертации соответствуют её содержанию.

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, обоснована использованием апробированных и подтверждённых методов и методик обработки результатов измерений, методик калибровки экспериментального стенда.

Достоверность результатов исследований и их практическая значимость подтверждены актами об использовании результатов работы в геммологических компаниях Rusgems (ООО «Кристалл Лайт», г. Москва) и Gemlovers (Представительство в России).

Работа прошла апробацию как в печати, так и на различных конференциях всероссийского и международного уровней. По теме диссертации соискателем опубликовано 16 научных работ, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и/или входящих в базы Scopus и Web of Science.

Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на 3 международных и 5 всероссийских конференциях. Новизна предлагаемых автором методических и алгоритмических решений подтверждается полученными свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

4. Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы

Из результатов диссертационного исследования значимость для науки и практики представляют разработанные метод и экспериментальный стенд для оценки показателей качества цветных ДК, позволяющий проводить автоматизированный анализ цветных ДК с подтвержденной стабильностью и точностью измерения их параметров. Обеспечение автоматического определения цвета при этом осуществляется за счет разработанной базы цифровых двойников мер-имитаторов набора GIA GemSet, содержащей 324 цифровых двойника с кодировками и расположением на цветовых шкалах.

5. Замечания по диссертационной работе

1) Не обосновано использование белых светодиодов, спектр которых не покрывает весь видимый диапазон, в качестве источников излучения в разработанном экспериментальном стенде. Не приведены теоретические и экспериментальные исследования других источников излучения,

обосновывающие оптимальность именно светодиодов для решения поставленных задач колориметрии.

2) Судя по описанию разработанного экспериментального стенда, он может использоваться для одновременного анализа нескольких ДК с помощью специальных кассет. Было бы полезно привести результаты (быстродействие, точность и пр.) его работы в таком режиме, а не только при исследовании одиночных ДК.

3) Утверждается, что разработанная методика позволяет учитывать «спектральную зависимость квантовой эффективности приемника излучения и спектр отражения используемого эталона белого». При этом в исследованиях используется всего один приемник излучения и один эталон белого. Следовало бы подтвердить экспериментально это утверждение на нескольких комбинациях различных приемников и эталонов.

4) В тексте диссертационной работы имеются стилистические и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы

6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Учитывая вышесказанное, считаю, что диссертация Кушковой Анастасии Сергеевны «Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей качества цветных драгоценных камней» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности и объективности процедуры анализа показателей качества цветных драгоценных камней за счет разработки средств технического сопровождения процесса анализа (автоматизации измерений) на основе методов машинного зрения и колориметрии.

Диссертационная работа Кушковой Анастасии Сергеевны соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель, Кушкова А.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент, старший научный сотрудник

Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе

Доктор технических наук

Олег Васильевич Шакин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26. Россия,

E-mail: post@mail.ioffe.ru

Сайт: <https://ioffe.ru>

Тел.: +7(812) 297 2245.

Подпись официального оппонента Олега Васильевича Шакина

Заверяю

Ученый секретарь

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Михаил Иванович Патров,

