

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.9
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.09.2026 № 19

О присуждении Драновой Алины Юрьевны, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование комплексных оксидных образований на металлических поверхностях при прямой лазерной маркировке» по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 20.07.2026 г., протокол №15, диссертационным советом ГУ.9 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета от 10.03.2023 № 312 адм, с изменениями от 13.07.2023 № 1090 адм, от 05.09.2023 № 1227 адм, от 29.07.2024 № 1207 адм, от 03.06.2025 № 673 адм, от 12.09.2025 № 1121 адм, от 08.06.2026 № 632 адм.

Соискатель, Дранова Алина Юрьевна, 22 августа 1998 года рождения, в 2022 г. с отличием окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 27.04.01. Стандартизация и метрология.

В период подготовки диссертации с 1 октября 2022 г. по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры материаловедения и технологии художественных изделий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и технологии художественных изделий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – **Пряхин Евгений Иванович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский

горный университет императрицы Екатерины II», кафедра материаловедения и технологии художественных изделий, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Атрошенко Светлана Алексеевна – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, лаборатория физики разрушения, ведущий научный сотрудник;

Бобкова Татьяна Игоревна – кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», служба учёного секретаря, учёный секретарь; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Жеребцовым Сергеем Валерьевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Материаловедение и технологии материалов», Грековой Татьяной Сергеевной, доцентом той же кафедры, секретарем заседания, и утвержденном Кузнецовым Денисом Ивановичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что теоретическая значимость результатов работы заключается в научном обосновании и экспериментальном подтверждении технологии формирования оксидных пленочных комплексов при прямой лазерной маркировке, обеспечивающей получение контрастных черных цветов за счет формирования оптимальных толщин и многокомпонентной фазовой структуры оксидных образований на поверхности. Практическая значимость результатов работы заключается в возможности их применения для нанесения плотных и ультраплотных идентификационных кодов на металлические поверхности без разрушения поверхностного слоя, что обеспечивает надежное машинное считывание и сквозную цифровую идентификацию продукции на всех этапах жизненного цикла. Указанные теоретическая и практическая значимость результатов работы имеют важное значение для развития материаловедения и цифровых лазерных технологий.

Соискатель имеет 4 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, 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 (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 1,56 печатных листов, в том числе 0,96 печатных листов – соискателя.

Публикации 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:

1. Пряхин, Е.И. Особенности формирования модульной структуры двухмерных кодов высокой плотности при прямой лазерной маркировке на металле / Е.И. Пряхин, **А.Ю. Дранова** // Дизайн. Материалы. Технология. – 2024. – № 2(74). – С. 184-189. – DOI 10.46418/1990-8997_2024_2(74)_184_189. ВАК № 1107 ред. 10.06.2024 г. (ссылка в диссертации на странице 16)

Соискателем рассмотрены вопросы формирования модульной структуры двухмерных кодов высокой плотности при прямой лазерной маркировке на металле.

2. Пряхин, Е.И. Определение оптимальных технологических параметров формирования нанобар-кода / Е.И. Пряхин, Е.А. Косарева, **А.Ю. Дранова** // Дизайн. Материалы. Технология. – 2025. – № 3(79). – С. 129-135. – DOI 10.46418/1990-8997_2025_3(79)_129_135. ВАК № 1141 ред. 25.11.2025 г. (ссылка в диссертации на странице 23)

Соискателем проведено исследование по определению оптимальных технологических параметров формирования нанобар-код.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus/WoS):

3. Применение композитных пленочных материалов для маркировки машиностроительной продукции / Е.И. Пряхин, Е.Ю. Жданова, Д.М. Шарапова, **А.Ю. Дранова** // Черные металлы. – 2024. – № 9. – С. 93-98. – DOI 10.17580/chm.2024.09.15. (ссылка в диссертации на странице 24, 41)

Соискателем рассмотрены вопросы применения композитных пленочных материалов для маркировки машиностроительной продукции.

4. Pryakhin, E.I. Application of direct laser marking of products made of different types of alloys using ultra-dense matrix nanobar-code / E.I. Pryakhin,

A.Yu. Dranova // CIS Iron and Steel Review. – 2025. – Vol. 30. – pp. 92-98. – DOI 10.17580/cisistr.2025.02.15. (ссылка в диссертации на странице 17, 33, 56)

Пряхин, Е.И. Применение прямой лазерной маркировки изделий из различных типов сплавов с использованием ультраплотного матричного наноштрихкода / Е.И. Пряхин, А.Ю. Дранова // CIS Iron and Steel Review. – 2025. – Vol. 30. – pp. 92-98. – DOI 10.17580/cisistr.2025.02.15. (ссылка в диссертации на странице 17, 33, 56)

Соискателем проведена работа по применению прямой лазерной маркировки изделий из различных сплавов с использованием ультраплотного матричного нанобар-кода.

Свидетельство на объект интеллектуальной собственности:

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026622478 Российская Федерация. База данных параметров лазерной маркировки конструкционных цветных металлов на основе двумерной матрицы: № 2026622311: заявл. 18.05.2026 : опубл. 29.05.2026 / Е. И. Пряхин, **А. Ю. Дранова**; правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

Соискателем получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «База данных параметров лазерной маркировки конструкционных цветных металлов на основе двумерной матрицы», содержащей матрицу режимов лазерной маркировки алюминия, латуни и титана, включающую комбинации мощности и скорости лазерного излучения, соответствующие RGB-значениям изображений и расчётную контрастность.

Апробация диссертационной работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровня:

1. III Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы науки и образования» (2 марта 2026 г., г. Петрозаводск);
2. XI Международная научно-практическая конференция «Человек, общество, технологии: актуальные вопросы взаимодействия» (19 марта 2026 г., г. Петрозаводск);
3. III Всероссийский научный форум студентов и учащихся (21 мая 2026 г., г. Петрозаводск);

4. XXIX Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы современной науки» (5 июня 2026 г., г. Пенза).

В диссертации Драновой Алины Юрьевны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой материаловедения и технологии конструкционных материалов ФГБОУ ВО ТИУ, к.т.н., доцента **В.И. Плеханова**; инженера-технолога ООО «Лазерный центр», к.т.н. **Е.Ю. Ждановой**; ведущего научного сотрудника НИЦ «Курчатовский институт – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», к.т.н. **Н.М. Вознесенской**; заместителя главного конструктора по работе с ВУЗ и ССУЗ Центра разработки ООО НПП «БУРИНТЕХ», к.т.н. **К.Р. Валямова** и ведущего инженера Управления по бурению, к.т.н. **А.И. Сафрайдер**; начальника металлографической лаборатории ЦЗЛ АО «Научно-производственное объединение «Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО «Алмаз-Антей» – «Обуховский завод», к.т.н., доцента **С.А. Пескишева**; ведущего научного сотрудника лаборатории физики прочности ФТИ им. А.Ф. Иоффе, к.ф.-м.н. **М.В. Нарыковой**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. В автореферате автор указывает, что из обработанных лазером пластин изготавливались шлифы поперечных сечений, и реальные типовые микроструктуры приведены на рисунке 3. Однако на рисунке 3 не указано, микрофотографии образца из какого сплава представлены. Также целесообразно было бы показать микрофотографии для всех четырех исследуемых сплавов (к.т.н. Е.Ю. Жданова);

2. В диссертации автор пишет: «Частота следования импульсов f и длительность импульса t связаны между собой через скважность (коэффициент заполнения) $D=t*f$. При зафиксированной скважности увеличение частоты автоматически означает пропорциональное уменьшение длительности импульса, и наоборот». Это рассуждение математически верно, но физически по отношению к лазеру ошибочно. В реальном лазере скважность D не является фиксированной константой, которую можно задать

отдельно от частоты. Частота и длительность - это независимые параметры управления лазером, скважность - это их следствие (к.т.н. Е.Ю. Жданова);

3. Предлагается более четко разграничить понятия «оксидная пленка», «оксидный пленочный комплекс» и «модифицированный поверхностный слой», особенно применительно к слоям толщиной в несколько десятков микрон и имеющим многокомпонентную структуру (к.т.н. Н.М. Вознесенская);

4. Дополнить методику обоснования показателя надежности с указанием объема выборки и условий проведения испытаний (к.т.н. Н.М. Вознесенская);

5. В тексте работы встречаются единичные пунктуационные и орфографические неточности, а также мелкие опечатки (к.т.н. Н.М. Вознесенская);

6. Предлагается более четко разграничить понятия «оксидная пленка», «оксидный пленочный комплекс» и «модифицированный поверхностный слой», особенно применительно к слоям толщиной в несколько десятков микрон и имеющим многокомпонентную структуру (к.т.н. К.Р. Валямов и к.т.н. А.И. Сафрайдер);

7. В тексте работы встречаются единичные пунктуационные и орфографические неточности. (к.т.н. К.Р. Валямов и к.т.н. А.И. Сафрайдер);

8. Представленные в работе зависимости толщины модифицированного слоя от параметров лазерного воздействия не сопровождаются информацией об объеме выборки и оценке погрешности измерений. Для обеспечения достоверности воспроизводимости результатов целесообразно дополнить экспериментальные данные результатами статистической обработки, включая расчет среднего значения, стандартного отклонения и доверительного интервала по каждому из исследованных материалов (к.т.н. С.А. Пескишев);

9. Для повышения практической значимости результатов целесообразно сформулировать рекомендации по допустимым отклонениям шероховатости и плоскостности исходной заготовки, гарантирующим надежное считывание кода в реальных производственных условиях (к.т.н. С.А. Пескишев);

10. В автореферате не проведено сопоставление предложенной технологии с альтернативными способами получения контрастной черной маркировки (химическое чернение, анодирование и пр.). Указание преимуществ и ограничений каждого из методов повысило бы практическую ценность рекомендаций (к.ф.-м.н. М.В. Нарыкова);

11. В автореферате обозначения марок исследуемых материалов приводятся непоследовательно: латунь названа Л63 (текст, рисунки 1 и 7) и ЛС63 (рисунки 4-6), титан - ВТ1 (текст), ВТ1-0 (рисунки 1, 4-6) и ВТ-1 (текст, рисунок 9), а марка алюминиевого сплава указана только как «АМг» без числового индекса (к.ф.-м.н. М.В. Нарыкова).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, заключающаяся в использовании процесса формирования оксидных плёночных образований на металлических поверхностях при лазерной маркировке, обеспечивающий получение контрастного чёрного цвета для нанесения и считывания плотных и ультраплотных кодов;

предложен нетрадиционный подход к формированию модифицированного слоя путем выделения четырех характерных стадий его развития (от тонких однофазных оксидных пленок до пористых оксидно-металлизированных комплексов) с целью управления структурно-фазовым состоянием поверхности различных промышленных сплавов (12Х18Н10Т, ВТ1-0, Л63, АМг);

доказана перспективность использования новой идеи на практике для управления оптическими свойствами поверхности четырех групп промышленных сплавов (12Х18Н10Т, ВТ1-0, Л63, АМг) с использованием лазера и прогнозирования параметров маркировки для обеспечения надежного машинного считывания плотных и ультраплотных кодов;

введены изменения трактования старых понятий о процессе формирования оксидных пленок на металлических поверхностях при лазерной маркировке, описывающие их структурно-фазовые превращения и образования многокомпонентной состава оксидных фаз;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений об изучаемом явлении и представляющие собой решение актуальной научно-технической задачи, в частности, воздействие на поверхность образцов из легированной стали и сплавов на основе титана, алюминия и меди лазером с варьированием параметров мощности, скорости и длительности импульса

позволяет формировать у них модифицированный поверхностный слой толщиной от 30 до 76 мкм с наличием комплексных оксидов, в зависимости от химсостава маркируемого материала, и обеспечивающий, за счёт полного поглощения светового потока, получение насыщенных чёрных цветов при маркировке; надёжное считывание и декодирование плотных идентификационных кодов не менее 90%, формируемых при прямой лазерной маркировке на металлических поверхностях, достигается при получении контрастного чёрного цвета и правильных геометрических параметров модулей кодов;

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

использован комплекс базовых методов, включающих физико-химические и металлографические методы исследования, многофакторный план эксперимента по лазерной обработке, сканирующую электронную микроскопию, рентгенофазовый анализ, оптическую микроскопию, методы машинного считывания и оценки контрастности идентификационных кодов, а также методы статистической обработки экспериментальных данных и оценки химической стойкости формируемых оксидных слоев;

изложены доказательства о формировании оксидных пленочных образований на металлических поверхностях вследствие различных параметров лазерного воздействия, при котором в исследуемых сплавах происходят различные структурно-фазовые превращения с изменением состава оксидных фаз;

раскрыты несоответствия между традиционными представлениями о формировании оксидных плёнок при лазерной маркировке и фактическим механизмом образования модифицированных пленочных комплексов, обеспечивающих наличие насыщенного чёрного цвета на обрабатываемой лазером поверхности.

изучены факторы, влияющие на формирование контрастного чёрного цвета при прямой лазерной маркировке металлических поверхностей: параметры лазерного воздействия (мощность, скорость, длительность импульса) и теплофизические характеристики исследуемых сплавов, определяющие толщину и фазовый состав оксидного плёночного комплекса.

проведена модернизация существующих математических зависимостей формирования оксидных плёнок, отличающаяся введением связи между параметрами лазерного воздействия, толщиной модифицированного слоя и его способностью к полному поглощению светового потока;

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

разработаны и внедрены в деятельность ООО «Лазерный центр» (акт внедрения от 13.05.2026 г.) методические рекомендации по выбору режимов лазерного воздействия для нанесения контрастной маркировки плотными и ультраплотными кодами на металлические поверхности с допустимым отклонением контура модулей не более 20% номинального размера;

определены пределы и перспективы практического применения разработанного подхода на практике для четырех групп промышленных сплавов (коррозионностойкая сталь 12Х18Н10Т, титан ВТ1-0, латунь Л63, алюминиевый сплав АМг), полученные режимы лазерной маркировки экспериментально проверены и подтверждены свидетельством о государственной регистрации базы данных № 2026622478 от 29.05.2026 г.;

создана система практических рекомендаций по выбору параметров лазерного воздействия с целью формирования оксидных пленочных комплексов на металлических поверхностях с учетом выявленных закономерностей их структурно-фазовых превращений;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию базы данных параметров лазерной маркировки для четырех групп промышленных сплавов (коррозионностойкая сталь 12Х18Н10Т, титан ВТ1-0, латунь Л63, алюминиевый сплав АМг).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением стандартизированных методов исследований, сертифицированного и поверенного оборудования, методов математического планирования эксперимента и статистической обработки данных;

теория построена на положениях о тепловом воздействии лазерного излучения на конструкционные металлы и сплавы, кинетике роста и фазово-структурных превращениях в формирующихся оксидных плёночных комплексах;

идея базируется на анализе отечественного и зарубежного опыта в области прямой лазерной маркировки, целенаправленного управления структурно-фазовым состоянием поверхностных слоёв металлов и формирования плёночных комплексов,

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее передовыми отечественными и зарубежными исследователями по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение авторских результатов с известными закономерностями влияния энергии импульса, степени перекрытия и скорости охлаждения на процессы поверхностного модифицирования, однако с существенным уточнением: основным механизмом является не объёмное плавление или абляция, а управляемое формирование многофазных оксидных образований, структура и толщина которых определяют способность поверхности к полному поглощению светового потока

использованы современные методики измерений, сбора и статистической обработки данных, а также нормативно-техническая документация по исследованию структурно-фазового состояния формируемых оксидных плёночных комплексов, их оптических характеристик (контрастности) и геометрических параметров модулей, определяющих качество декодирования плотных и ультраплотных идентификационных кодов.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и формулировке задач исследования; анализе отечественной и зарубежной научной литературы; планировании и проведении лабораторных экспериментов по изучению закономерностей формирования оксидных пленочных комплексов на четырех группах промышленных сплавов (12X18H10T, BT1-0, Л63, АМг) при варьировании параметров лазерного воздействия; анализе и интерпретации полученных данных с применением комплекса физико-химических и металлографических методов (рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, оптическая микроскопия); участии в опытно-промышленных испытаниях и внедрении разработанных рекомендаций в деятельность ООО «Лазерный центр»; подготовке научных публикаций и получении свидетельства о государственной регистрации базы данных параметров лазерной маркировки; апробации результатов на научно-практических конференциях.

В ходе защиты диссертации принципиально-критических замечаний высказано не было.

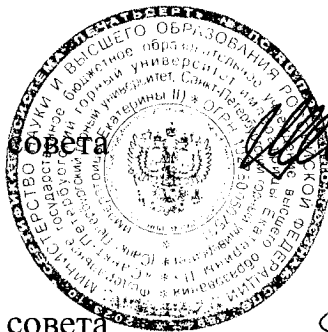
Соискатель Дранова Алина Юрьевна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 25 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение присудить **Драновой Алине Юрьевне** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по установлению закономерностей формирования комплексных оксидных образований на металлических поверхностях при прямой лазерной маркировке и определению оптимальных режимов лазерного воздействия,

обеспечивающих получение устойчивого контрастного черного цвета для надежного машинного считывания плотных и ультраплотных идентификационных кодов, имеющей существенное значение для развития систем сквозной цифровой идентификации продукции в машиностроении и поддержания технологического суверенитета государства.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Максаров
Вячеслав Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ефимов
Александр Евгеньевич

25.09.2026 г.