

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»  
д.т.н., профессор  
Д.Е. Быков  
» сентября 2026 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

на диссертацию

**Анакиной Дарьи Анатольевны**

**«Разработка комплексного полимерного коррозионностойкого  
покрытия для стальных труб теплосетей»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.17 — Материаловедение (технические науки)

Диссертационная работа выполнена на кафедре материаловедения и технологии химических изделий (МиТХИ) ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» под руководством доктора технических наук, профессора Пряхина Е.И. Диссертация изложена на 130 страницах машинописного текста, содержит введение, 4 главы с выводами по каждой из них, заключение, список литературы из 124 наименований и 3 приложения, включает 42 рисунка и 12 таблиц.

### 1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Анакиной Д.А. посвящена разработке технологии формирования комплексного полимерного коррозионностойкого покрытия для стальных труб городских теплосетей, эксплуатируемых в условиях бесканальной подземной прокладки. Актуальность темы обоснована автором статистически: суммарная доля повреждений теплосетей от внешней и внутренней коррозии достигает 60% от общего количества повреждений, а с учётом коррозионно-стимулированных разрушений сварных соединений — до 80% (Введение, с. 5). Наличие в городской среде источников блуждающих токов (трамвайные пути — 600 В, железные дороги — 3000–4000 В, метрополитен — 800 В) существенно осложняет задачу пассивной защиты трубопроводов и требует применения токонепроводящих покрытий, что и определяет направление исследования — отказ от металлических и металлизированных покрытий в пользу комбинированных полимерных систем.

Практический интерес отрасли к результатам работы подтверждается актом о внедрении результатов на предприятии ООО «ВИАСМ Плюс» (Приложение А) и подачей заявки на патент №2026113933 (Приложение В), что само по себе является косвенным, но весомым свидетельством актуальности выбранной темы.

### 2. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-521 от 10.09.26  
АУ УС

Методология работы построена на сочетании анализа отечественной и зарубежной научной литературы (глава 1), экспериментальных методов испытаний, регламентированных действующими нормативными документами (глава 2), и оригинального математического моделирования геометрии микрорельефа поверхности после импульсной лазерной обработки (п. 3.1.2). Достоверность экспериментальных данных обеспечивается применением поверенного и апробированного оборудования: профилометра HOMMEL TESTER T1000, микротвердомера ПМТ-3М, металлографического микроскопа Leica DMIL HC, адгезиметра Elcometer 108 Hydraulic Adhesion Tester, дефектоскопов Elcometer 236 и 270, мегаомметра FNIRSI MRT-1050, а также стандартизированных методик (СП 124.13330.2012, ГОСТ 9.301-86, ГОСТ 31149-2014, ГОСТ 34395-2018, ГОСТ 31974-2012, ГОСТ 6433.2-71, ISO 8501-1).

Разработанная автором аналитическая модель периодического микрорельефа поверхности (уравнения 3.1–3.8, основанные на разложении в ряды Фурье и полиномах Эрмита) корректно верифицирована предельным переходом при  $h=0$  (расчётный прирост площади стремится к нулю) и оценкой погрешности численного интегрирования (расхождение результатов при шаге дискретизации 0,25 и 0,5 мкм не превышает 5%), что свидетельствует о методически грамотном подходе к обоснованию расчётной части работы (с. 66–67).

### **3. Анализ новизны проведённых исследований и полученных результатов**

В диссертации заявлены три пункта научной новизны (с. 8–9): (1) установление степени влияния параметров лазерной обработки на коэффициент прироста площади полезной поверхности стальной пластины; (2) определение способа лазерной обработки, дающего наиболее развитый микрорельеф; (3) выявление эффективности композиции полиуретановой и эпоксидной эмалей в качестве защитного покрытия под изоляцию труб горячего водоснабжения.

Анализ каждого пункта показывает следующее. Метод лазерной очистки и структурирования поверхности металла как таковой не является новым и известен из работ Вейко В.П., Волкова М.В. и др. (позиции 7, 8, 11 списка литературы), на которые ссылается сам автор. Новым является не сам метод, а разработанная соискателем аналитическая (на основе рядов Фурье и полиномов Эрмита) модель геометрии микрорельефа и установленные эмпирические зависимости коэффициента прироста полезной площади поверхности от мощности, частоты излучения и плотности линий обработки конкретно для стали Ст3 применительно к задаче подготовки труб теплосетей.

Материалы, используемые в пункте 3 (эмаль ЭП-140, полиуретановая эмаль Symphony Winner), являются серийными промышленными продуктами. Наиболее ценным в научном отношении результатом этого блока исследований, на взгляд ведущей организации, является не сам факт работоспособности комбинации Э/П, а установленный автором механизм отказа при обратном порядке нанесения слоёв (П/Э): образец не выдержал удара бойком с высоты 30 см (при нормативном требовании именно 30 см), разрушение произошло по адгезионному механизму на границе «металл–полимер» вследствие различия упругих характеристик разнородных полимерных слоёв (рис. 4.7, 4.8, с. 94). Это наблюдение имеет как научную, так и непосредственную практическую ценность, поскольку требует жёсткой регламентации технологической последовательности нанесения слоёв в производстве.

В целом научная новизна диссертации носит выраженный прикладной, инженерно-технологический характер и заключается в установлении количественных зависимостей и обосновании конкретных технологических режимов. Для специальности 2.6.17. Материаловедение (пункты 3, 10 и 11 паспорта специальности) такой характер новизны соответствует профилю специальности.

#### **4. Значимость полученных результатов для науки и практики**

Теоретическая значимость работы состоит в том, что разработанная математическая модель геометрии микрорельефа поверхности после импульсной лазерной обработки может быть использована как расчётный инструмент при проектировании режимов лазерной подготовки поверхности не только для рассмотренного случая труб теплосетей, но и для иных сочетаний «подложка – покрытие». Установленные автором закономерности формирования оксидных фаз (магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и вюстит  $\text{FeO}$ ) при различных режимах лазерного воздействия и их связь с адгезионной прочностью полимерных покрытий (с. 70–71) дополняют существующие представления о механизмах адгезии в системе «полимер – оксидированная сталь».

Практическая значимость результатов подтверждена: 1) актом о внедрении результатов диссертации на предприятии ООО «ВИАСМ Плюс» (Приложение А от 30.04.2026) в части рекомендаций по предварительной лазерной подготовке стальной поверхности трубопровода перед нанесением полимерных лакокрасочных покрытий; 2) свидетельством о государственной регистрации базы данных №2022620320 (Приложение Б); 3) заявкой на патент №2026113933 «Способ формирования рельефа внешней поверхности трубопровода для повышения адгезионных характеристик коррозионностойких полимерных покрытий» (Приложение В).

#### **5. Соблюдение принципов соответствия**

##### **5.1. Соответствие поставленных целей и полученных результатов.**

Цель работы — разработка технологии формирования защитного покрытия с повышенной адгезионной прочностью за счёт лазерной обработки поверхности и повышенной коррозионной стойкостью за счёт комбинации эпоксидно-полиуретановых эмалей (с. 7) — полностью реализована в решении всех шести поставленных задач и отражена в структуре и выводах глав 3 и 4. Соответствие целей и результатов подтверждается.

##### **5.2. Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.**

Автореферат диссертации по содержанию, структуре, выводам и защищаемым положениям соответствует содержанию диссертации.

##### **5.3. Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ.**

Согласно данным раздела «Публикации» (с. 12), основные результаты диссертации отражены в 7 печатных работах (позиции №61–64, 67, 68, 110 списка литературы), из них 2 статьи — в изданиях из Перечня ВАК, 3 статьи — в изданиях, индексируемых Scopus. Ссылки на указанные работы соискателя встречаются непосредственно при изложении ключевых экспериментальных результатов глав 3 и 4 диссертации, что позволяет говорить о соответствии содержания диссертации содержанию опубликованных работ.

##### **5.4. Соответствие темы диссертации научной специальности.**

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) по пунктам 3 (разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям эксплуатации), 10 (разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов) и 11 (разработка функциональных покрытий и методов управления их свойствами и качеством), как это и указано самим автором (с. 9). Соответствие подтверждается.

#### **6. Личный вклад автора, внутреннее единство работы, корректность заимствований**

Диссертация написана единолично и обладает чётким внутренним единством: логика изложения последовательно разворачивается от анализа условий эксплуатации

трубопроводов теплосетей (глава 1) через обоснование и экспериментальную проверку методов подготовки поверхности (глава 3) к разработке и всесторонним испытаниям комбинированного полимерного покрытия (глава 4), завершаясь практическими рекомендациями. Раздел «Личный вклад автора» (с. 11) подробно раскрывает участие соискателя в постановке цели и задач, анализе литературы, проведении экспериментальных исследований, разработке технологии и формулировании защищаемых положений, что позволяет разграничить самостоятельный вклад автора от результатов научного руководителя и соавторов по совместным публикациям.

Ссылки на первоисточники и предшествующие работы оформлены в тексте диссертации системно (сквозная нумерация со списком литературы из 124 наименований), в том числе при использовании результатов совместных публикаций с научным руководителем Пряхиным Е.И. Замечаний по нарушению требований корректного заимствования и цитирования в проверенных ведущей организацией разделах не выявлено.

## **7. Достоинства и недостатки диссертации по содержанию и оформлению**

### **Достоинства работы:**

- логичная и завершённая структура работы, полностью отвечающая специфике прикладной технической кандидатской диссертации;
- последовательное и корректное использование действующей нормативной базы (СП 124.13330.2012, ГОСТ 9.301-86, ГОСТ 31149-2014, ГОСТ 34395-2018, ГОСТ 31974-2012, ГОСТ 6433.2-71, ISO 8501-1) на всех этапах экспериментальной работы;
- оригинальная аналитическая модель микрорельефа поверхности после лазерной обработки, доведённая до практического расчётного инструмента с корректной верификацией;
- значительный объём собственного экспериментального и иллюстративного материала (42 рисунка, 12 таблиц, включая авторские микрофотографии и профилограммы);
- доведённость результатов до уровня практического внедрения (акт о внедрении) и охраны интеллектуальной собственности (заявка на патент, свидетельство о регистрации базы данных);
- самокритичный анализ ограничений собственных результатов — например, честно отражённое существенное падение адгезионной прочности покрытия в кислой среде, ограничения метода испытания на изгиб вокруг стержня, необходимость дальнейших ресурсных испытаний.

### **Недостатки работы:**

- нарушена последовательность нумерации подразделов главы 4: подраздел «4.2.5 Испытания на изгиб» расположен и в оглавлении, и в тексте (с. 88) перед подразделом «4.2.4 Испытания на УОЭС» (с. 90), что затрудняет навигацию по работе;
- в перечне результатов Заключения (с. 104–106) нарушена сквозная нумерация: после пункта 5 непосредственно следует пункт 7, пункт 6 в тексте отсутствует;
- отсутствие в тексте явного описания модели пересчёта режимов ускоренных стендовых испытаний в прогнозируемый 25-летний срок службы покрытия;
- ссылки на литературные источники расположены по тексту в хаотичном порядке, что не соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011;
- Пункт 5 задач исследования сформулирован не совсем точно: «Экспериментальная проверка опытных образцов защитных покрытий для труб теплосетей на стендовых испытаниях» — непонятно, о проверке чего идёт речь; скорее всего, подразумевалась

проверка возможности эксплуатации опытных образцов труб теплосетей или экспериментальная проверка соответствия определённым требованиям;

— во втором положении, выносимом на защиту, указано на повышение характеристик предлагаемого покрытия, однако не понятно, с какими требованиями идёт сравнение. При этом в любых нормативных требованиях заложены минимально допустимые значения, поэтому корректнее проводить оценку в сравнении с аналогичными по классу материалами в схожих ценовых сегментах;

— на графике рисунка 3.7 отсутствуют доверительные интервалы, что затрудняет оценку достоверности результатов;

— делать вывод о приросте адгезионной прочности на 15% без анализа доверительных интервалов некорректно. Метод нормального отрыва грибка в одной серии даёт в среднем СКО порядка 10–15%, следовательно, полученные результаты могут находиться внутри доверительного интервала.

## **8. Практическое использование результатов и рекомендации по дальнейшему внедрению**

Диссертация имеет выраженное прикладное значение. Практическое использование научных результатов автора на момент представления диссертации подтверждено актом о внедрении на предприятии ООО «ВИАСМ Плюс» в части технологии лазерной подготовки поверхности трубопроводов перед нанесением полимерных лакокрасочных покрытий (Приложение А), а также заявкой на патент (Приложение В) и свидетельством о регистрации базы данных (Приложение Б). Соблюдение требования о подтверждении практического использования результатов для диссертации прикладного характера в целом выполняется, однако носит частичный характер: технология лазерной подготовки поверхности апробирована и принята к внедрению, тогда как полный технологический регламент нанесения комбинированного покрытия Э/П подтверждён лишь предварительными и ускоренными стендовыми испытаниями на плоских образцах, что сам автор признаёт недостаточным для окончательного производственного внедрения (с. 102–103).

С учётом изложенного ведущая организация считает целесообразным рекомендовать следующие направления дальнейшего внедрения и использования результатов диссертационного исследования:

— организациям — операторам городских теплосетей, в частности СПб ГУП «ТЭК СПб» (г. Санкт-Петербург) и профильным теплосетевым предприятиям группы ПАО «Т Плюс» в других регионах Российской Федерации, — провести опытно-промышленные испытания разработанного комбинированного эпоксидно-полиуретанового покрытия на реальных участках трубопроводов бесканальной прокладки, эксплуатируемых в зонах повышенной опасности блуждающих токов (вблизи трамвайных линий и линий метрополитена);

— производителям труб с пенополиуретановой и минераловатной изоляцией (по аналогии с ООО «ВИАСМ Плюс») — рассмотреть внедрение технологии лазерной подготовки поверхности взамен традиционной дробеструйной (пескоструйной) обработки в серийное производство, с обязательным закреплением в технологической документации строгой последовательности нанесения слоёв покрытия (эпоксидный слой первым, полиуретановый — финишным), поскольку обратный порядок слоёв, как показано в диссертации, ведёт к резкому снижению ударопрочности покрытия;

— с учётом заявленной автором стойкости покрытия к воздействию блуждающих токов  
— рассмотреть возможность апробации разработанной технологии также на объектах

смежных отраслей (магистральные и промысловые трубопроводы нефтегазового комплекса), где стальные трубопроводы подвержены совместному действию почвенной коррозии и блуждающих токов.

## **9. Оценка языка и стиля диссертации**

Диссертация написана научно-техническим языком, в целом отвечающим требованиям, предъявляемым к квалификационным работам данного уровня: терминология используется корректно и последовательно, изложение логически структурировано, каждая глава завершается чёткими и конкретными выводами. Соискатель демонстрирует умение структурно и содержательно оформлять результаты исследования, аргументированно интерпретировать экспериментальные данные (в частности, при анализе характера адгезионного и когезионного разрушения образцов, с. 75–77, 100–101) и формулировать защищаемые положения на основе количественных показателей. Отмеченные в разделе 7 настоящего отзыва частные технические погрешности оформления (нумерация разделов, отдельные опечатки) не снижают общего благоприятного впечатления о структурно-содержательном качестве текста.

## **10. Заключение**

На основании проведённого анализа ведущая организация полагает, что диссертационная работа Анакиной Дарьи Анатольевны «Разработка комплексного полимерного коррозионностойкого покрытия для стальных труб теплосетей» является завершённым научно-квалификационным исследованием прикладного характера, выполненным на достаточном экспериментальном материале с использованием современных методов испытаний и корректного метрологического обеспечения. Диссертация обладает внутренним единством, написана единолично и свидетельствует о личном вкладе автора в решение актуальной научно-технической задачи повышения коррозионной стойкости стальных труб теплосетей. Научная новизна результатов, носящая выраженный прикладной, инженерно-технологический характер, соответствует профилю специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки). Практическая значимость результатов подтверждена актом о внедрении, заявкой на патент и свидетельством о государственной регистрации базы данных. Основные результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах, в том числе в 2 изданиях из Перечня ВАК и в 3 изданиях, индексируемых Scopus.

Отмеченные в настоящем отзыве замечания носят частный характер, не ставят под сомнение достоверность и значимость основных научных результатов диссертации.

По актуальности темы, степени обоснованности научных положений и выводов, новизне и практической значимости полученных результатов, объёму апробации и публикаций, а также по соблюдению принципов соответствия целей и результатов, содержания диссертации и опубликованных работ, темы диссертации и научной специальности диссертация «Разработка комплексного полимерного коррозионностойкого покрытия для стальных труб теплосетей», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор — Анакина Дарья Анатольевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Отзыв составлен:

доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Амосовым Александром Петровичем.

кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Юдиным Павлом Евгеньевичем.

Отзыв составлен на основании анализа диссертации, автореферата и публикаций Анакиной Д.А. на заседании кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» 31 августа 2026 г., протокол № 1.

Авторы отзыва дают согласие на обработку персональных данных.

Заведующий кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «СамГТУ», доктор физико-математических наук (1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных

состояний вещества), профессор  Амосов Александр Петрович

Телефон: (846)242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru

Доцент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «СамГТУ», кандидат технических наук (05.16.09 – Материаловедение (машиностроение

в нефтегазовой отрасли), доцент  Юдин Павел Евгеньевич  
Телефон: +7 927 260 09 63. E-mail: yudin@prcsamara.ru

Подписи А.П. Амосова и П.Е. Юдина заверены  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

доктор технических наук  Ю.А. Малиновская

« 01 » сентября 2026 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ»).

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, главный корпус.

Тел.: 8 (846) 278-43-11, Факс: (846) 278-44-00, E-mail: rector@samgtu.ru, официальный сайт: <https://samgtu.ru/>