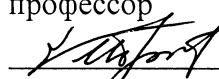


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
работе федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский
государственный нефтяной технический
университет», доктор технических наук,
профессор


И.Г. Ибрагимов

« 20 » 11

2025 г.

М.П.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию *Азарова Владимира Александровича* на тему: «Разработка технологии повышения адгезионной прочности гладкостного хладостойкого фторопластового покрытия магистральных газопроводов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (отрасль науки – технические).

1. Актуальность темы диссертации

Одним из перспективных направлений повышения эффективности и надёжности работы магистральных газопроводов является применение внутренних гладкостных покрытий, которые снижают потери давления на трение газа о стенку трубы и обеспечивают противокоррозионную защиту. В настоящее время наиболее распространены эпоксидные покрытия, однако при отрицательных температурах они теряют эластичность и подвергаются охрупчиванию. Это осложняет сооружение и эксплуатацию магистральных газопроводов, проложенных для транспортировки природного газа из месторождений, расположенных в районах Арктики и Крайнего Севера, где температуры достигают -60°C . В таких условиях может произойти потеря адгезии эпоксидным покрытием с дальнейшим отслаиванием из-за снижения его эластичности. Дополнительную сложность представляет рост доли добычи «жирного» газа, транспортировка которого требует повышенных энергозатрат. Для решения этих проблем необходимы новые материалы, среди которых перспективны покрытия на основе фторсодержащих полимеров, сохраняющие свойства при низких температурах. Однако их основной недостаток - слабая адгезия к стальной поверхности.

В работе Азаровым Владимиром Александровичем исследуется разработка специальной технологии, включающей лазерную обработку поверхности для создания упорядоченной морфологии и нанесение промежуточного адгезионного слоя, что может позволить обеспечить необходимую прочность сцепления покрытия с трубой и обеспечить экономию ресурсов при транспортировке газа. Переход к ресурсосберегающим технологиям является актуальным в соответствии со стратегией научно-технологического развития РФ и политикой ПАО «Газпром» в области энергосбережения.

ОТЗЫВ

Вх. № 393 от 20.11.25
И.Г. И.

2. Научная новизна диссертации

В результате решения поставленных в работе задач разработана новая технология обеспечения адгезионной прочности гладкостного покрытия на основе фторопластовых полимеров, позволяющего повысить надёжность эксплуатации магистральных газопроводов в районах Крайнего Севера и Арктики. В диссертации Азарова В.А.:

2.1. Установлена зависимость параметра шероховатости R_a (который варьировался от 1,80 мкм до 3,63 мкм) от параметров лазерной обработки (мощности лазерного излучения, скорости лазерного луча и линейатуры) стальной поверхности при фиксированном значении частоты лазерного излучения $f = 40$ кГц.

2.2. Определены оптимальные режимы лазерной обработки и состав фосфатирования, обеспечивающие наибольшую адгезионную прочность фторопластового покрытия к стальной поверхности. Показано, что усилие отрыва (адгезионная прочность) нанесенного по данной технологии покрытия составило 8,71 МПа, что в 1,87 раза выше, чем у покрытия, нанесенного на абразивно обработанную поверхность.

2.3. В результате оценки ударной вязкости, прочности на растяжение и изгиб показано преимущество фторопластового покрытия, нанесенного на обработанную лазерным излучением стальную поверхность, по сравнению с эпоксидным.

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

Достоверность результатов исследования и обоснованность научных положений диссертации подтверждается планированием эксперимента и статистической обработкой результатов, применением стандартизированных методик, обширными испытаниями на сертифицированном оборудовании, а также апробацией выводов на российских и международных конференциях и в рецензируемых научных журналах.

4. Научные результаты, их ценность

В диссертации выявлено, что применение комплексной предварительной подготовки стальной поверхности, включающей предварительную лазерную обработку по экспериментально установленным режим с дальнейшим «холодным» фосфатированием стальной поверхности составом Мажеф (25 г/л), $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (35 г/л), NaF (7 г/л) позволяет повысить прочность адгезионного сцепления фторопластового покрытия со стальной поверхностью в среднем на 80% по сравнению с абразивной обработкой. Также экспериментально обосновано применение внутреннего гладкостного хладостойкого фторопластового покрытия магистральных газопроводов, нанесённого на стальную поверхность по разработанной технологии, позволяющей повысить за счет высокой адгезионной прочности покрытия надёжность эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Основные положения работы прошли апробацию на 7 научно-практических мероприятиях, в том числе на 4 международных.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук, в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании и экспериментальном подтверждении технологии подготовки стальной поверхности, сочетающей лазерную обработку по экспериментально установленным режимам и «холодное» фосфатирование.

Комплексная оценка физико-механических и защитных свойств подтвердила целесообразность применения фторопластового покрытия в качестве внутреннего гладкостного покрытия для магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера и Арктики. Практическая значимость работы подтверждается актом о внедрении результатов предприятием ООО «НПП ВОЛО» и патентом на изобретение № RU 2828891 C1 «Способ подготовки поверхности углеродистых и низколегированных сталей к нанесению полимерных покрытий» от 21.10.2024.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертации рекомендуются к применению на предприятиях, занимающихся нанесением функциональных лакокрасочных покрытий на стальные поверхности, в частности на предприятиях, где налажено нанесение внутренних покрытий на внутреннюю поверхность трубопроводов большого диаметра.

Также рекомендуется использовать материалы диссертационного исследования в высших учебных заведениях и научно-исследовательских организациях, занимающихся проблемами обеспечения адгезии лакокрасочных покрытий и проблемами применения и использования внутренних гладкостных покрытий магистральных трубопроводов.

7. Замечания и вопросы по работе

7.1 Процедура фосфатирования после лазерной обработки может привести к нарушению морфологии подготовленного рельефа поверхности. В работе не отражено насколько оправданы трудозатраты на подготовку поверхности лазерной обработкой.

7.2 Для обоснования отсутствия блистеринга на поверхности, кроме визуального осмотра, следовало провести структурные исследования.

7.3 Недостаточно обоснован выбор параметра Ra для количественной оценки величины шероховатости поверхности, не указано на какой базовой длине выполнены профилограммы.

7.4 Не рассмотрен экономический эффект по применению лазерной обработки относительно традиционной пескоструйной обработки для магистральных трубопроводов.

Отмеченные вопросы и замечания имеют частный характер, не снижают научной значимости и положительной оценки диссертационной работы.

6. Заключение по диссертации

Диссертация «Разработка технологии повышения адгезионной прочности гладкостного хладостойкого фторопластового покрытия магистральных газопроводов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (отрасль наук – технические) полностью отвечает 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 Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор –

Азаров Владимир Александрович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (отрасль наук – технические).

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Азарова Владимира Александровича обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» с привлечением специалистов кафедры «Материаловедение и защита от коррозии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», протокол № 3 от 06.11.2025 года.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

канд.техн.наук, доцент

Чертовских Сергей Владимирович

Секретарь заседания

Доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

канд.техн.наук

Демченко Мария Вячеславовна

Подпись председателя заседания Чертовских С.В. и секретаря Демченко М.В. заверяю

Начальник отдела по работе с персоналом

М.П.

О.А. Дадаян

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Почтовый адрес: **450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1**

Официальный сайт в сети Интернет: **<https://rusoil.net/>**

эл. почта: **info@rusoil.net** телефон: **+7 (347)243-19-77**