

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Бобковой Татьяны Игоревны на диссертацию Злотина Владимира Андреевича на тему: «Обоснование выбора составов внутренних покрытий трубопроводов для снижения проницаемости транспортируемого водорода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

1. Актуальность темы диссертации

Для отраслей современного машиностроения создание металлополимерных функционально-градиентных покрытий является одной из наиболее актуальных задач, так как ее решение требует тщательного подбора компонентов покрытия, строгого соблюдения параметров формирования и выбора подходящих методов нанесения. Такие покрытия сочетают преимущества металла и полимера, обеспечивая высокую защиту и функциональные свойства изделия, в частности, трубопроводов для транспортировки водорода.

Актуальность и своевременность диссертационной работы «Обоснование выбора составов внутренних покрытий трубопроводов для снижения проницаемости транспортируемого водорода» не вызывают сомнений, так как полученные диссертантом результаты важны для понимания влияния состава композиционных фторопластовых слоев на повышение эффективности снижения диффузии и потока водорода через них; процессов, происходящих в материале композиционного покрытия при нанесении на трубопроводные стали, и их влияние на ключевые эксплуатационные характеристики покрытия с точки зрения комплексного решения материаловедческих и технологических задач.

2. Научная новизна диссертации

Стоит отметить значительную ценность научных результатов в части выявления прямой зависимости между уменьшением количества и размеров углеродных агломератов в модифицированном фторопластовом покрытии и снижением его водородопроницаемости и потерь транспортируемого водорода; применения для количественной оценки влияния состава нанодобавок на их

склонность к агломерации и водородопроницаемость покрытия критерия $\eta J/\eta D$ (отношение коэффициентов снижения диффузии и потока).

Наиболее значимым научным результатом по мнению официального оппонента является установление корреляции между введением нанодобавок (УИГ, β -SiC и h-BN) и фотоинициатора 819 в состав наносимых на стальную подложку фторопластовых покрытий на базе эмали ФП-566 и повышением эффективности снижения диффузии и потока водорода через них.

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

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена комплексным применением поверенного аналитического оборудования, проведением измерений и испытаний по стандартизованным методикам, воспроизводимостью экспериментальных результатов и их соответствием современным знаниям в области материаловедения и физической химии. Работа написана ясным, профессиональным языком, с понятным обоснованием сделанных автором выводов и оставляет положительное впечатление при прочтении.

4. Научные результаты, их ценность

В рамках диссертационного исследования решена актуальная научно-техническая задача и получены значимые результаты:

1. Обоснована перспективность выбора модифицированных фторполимеров как наиболее эффективных покрытий для снижения диффузии и проницаемости водорода через стенку стальных водородопроводов.

2. Установлено, что наименьшее количество углеродных агломератов обеспечивается комбинацией УИГ с β -SiC с дополнительной ультразвуковой обработкой за счет равномерного распределения наноразмерного карбида кремния в полимерной матрице и его химического взаимодействия с УИГ, предотвращающего их агломерацию.

3. Получены количественные данные электрохимического наводороживания, подтверждающие влияние состава нанодобавок (УИГ, β -SiC и h-BN) на их

склонность к агломерации, барьерные свойства и водородопроницаемость фторопластового покрытия, характеризуемые значениями коэффициентов снижения проницаемости η_J и диффузии η_D и их отношением η_J/η_D . Лучшей является комбинация УНГ с β -SiC с максимальным соотношением η_J/η_D (0,97), минимальной склонностью к агломерации и наименьшей проницаемостью покрытия, что позволяет повысить эффективность снижения диффузии водорода на 89,5%, а диффузионного потока – на 86,8%.

4. Выявлено, что адгезионный слой $Al+AlOOH$ повышает адгезию фторопластового покрытия к стальной подложке до 8,4 МПа, барьерные свойства металлополимерного покрытия η_D (до 97,2%) и снижает его проницаемость η_J (до 89,3%). Закономерности влияния состава нанодобавок на барьерные свойства и водородопроницаемость, выявленные для фторопластовых составов, полностью сохраняются и на покрытиях с адгезионным слоем $Al+AlOOH$.

5. Установлено, что внутренне фторопластовое покрытие, модифицированное УНГ+ β -SiC, с адгезионным слоем $Al+AlOOH$, обеспечивает наибольшую эффективность снижения потерь транспортируемого водорода через стенку трубопровода (в 8,9 раз).

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 5 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 3 международных, опубликованы в 5 печатных работах, в том числе 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК, 2 в изданиях, включенных в MCIJ Scopus; получено 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования безусловно имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Усовершенствована методика проведения эксперимента методом Деванатана-Стачурски, обоснованы необходимость подготовки поверхности и выбор состава адгезионного слоя для обеспечения наибольшей адгезии покрытия к подложке при наводороживании.

Обоснован выбор состава модифицированного нанодобавками УНТ и β -SiC фторопласта на базе ФП-566 для обеспечения наименьшей диффузии и потока водорода через стенку трубопровода.

Выполнена оценка потерь водорода через стенку трубы с предлагаемыми барьерными покрытиями, показавшая их высокую эффективность в снижении диффузии и потока водорода

Высокая практическая значимость результатов подтверждена получением свидетельства о государственной регистрации базы данных № №2024664143 Российской Федерации от 10.06.2024 «Программа определения распределения концентрации транспортируемого водорода по толщине стенки трубы», а также актом о внедрении результатов ООО «ВИАСМ Плюс» в производственную деятельность в виде рекомендаций для получения полимерного барьерного покрытия стальных трубопроводов, предназначенных для транспортировки водорода.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Представленные в диссертации Злотина В.А. выводы и результаты рекомендуются к производственному использованию в газотранспортной промышленности при строительстве и обслуживании стальных трубопроводов с целью снижения потерь транспортируемого водорода.

7. Замечания и вопросы по работе

1) В тексте диссертации указано «Введение в полимеры нанодобавок (оксиды металлов, графен, нанотрубки) усложняет пути диффузии водорода и снижает водородопроницаемость полимерных покрытий». За счет чего по мнению автора реализуется указанный эффект и каков механизм усложнения диффузии водорода?

2) Требуется пояснения механизм повышения адгезии фторопластового покрытия при введении наноразмерных наполнителей. Так в тексте указано «За счёт своей химической активности УНТ увеличивают плотность сцепки полимера и повышают адгезию фторопластового покрытия к металлической подложке, что повышает его плохую адгезию», логично предположение повышения

химического сродства с подложкой, однако, такое влияние может быть вызвано повышением влияния УНТ по анкерному механизму формирования покрытия. Весьма целесообразно раскрыть мнения автора.

3) В тексте диссертации указано «Алюминиевый адгезионный слой наносили методом холодного газодинамического напыления, после чего образцы обезжиривали и формировали на поверхности Al гидратированный слой AlOOH кипячением в воде». Целесообразно объяснить выбор метода нанесения покрытия и дать предложения по проведению процесса гидротермальной обработки в условиях реального производства.

4) По тексту диссертации имеется некоторое количество опечаток, несогласованностей, во введении имеется повторение обширной части автореферата, в подписи к рисунку 3.2 указано «ЭДС-спектры из разных фторопластовых покрытий и разных областей фторопластового покрытия: а) модифицированного УНТ, до дополнительной УЗ-обработки; б) агломерат углерода», однако приведены изображения микроструктуры покрытия со сканирующего электронного микроскопа.

5) Необходимо уточнить диапазон диаметров специализированных сетей водородопроводов для которых целесообразно применять предлагаемые автором составы внутренних покрытий.

6) Отсутствует список сокращений, в результате чего остались не раскрытыми некоторые аббревиатуры, как пример «ВО» на стр.16; расшифровка аббревиатуры «СЭМ» приведена на нескольких страницах (10, 33, 54).

Указанные замечания, являясь предметом научной дискуссии, не снижают важности основных научных выводов и практических результатов работы, носят уточняющий характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Злотина Владимира Андреевича «Обоснование выбора составов внутренних покрытий трубопроводов для снижения проницаемости транспортируемого водорода», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение 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 – Злотин Владимир Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Официальный оппонент:

Ученый секретарь,

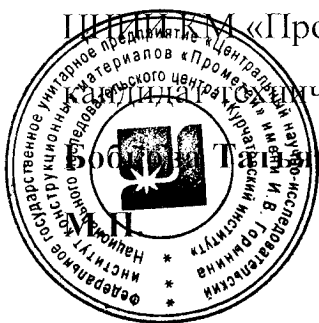
НИИД «Курчатовский институт» -

ЦНИИ КМ «Прометей»

Кандидат технических наук

Бобкова Татьяна Игоревна

15.09.2026



Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра Курчатовский институт»

Почтовый адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, дом 49

Официальный сайт в сети Интернет: <https://crism-prometey.ru/>

эл. почта: Bobkova_TI@crism.ru; телефон: +7 (812) 274 12 06