

ОТЗЫВ

научного руководителя 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 по специальности 2.6.17.
Материаловедение

Злотин Владимир Андреевич родился 1 июля 1998 года. В 2020 году прошёл обучение в Санкт-Петербургском Горном университете по направлению подготовки 21.03.01 – «Нефтегазовое дело», профиль «Эксплуатация сетей газораспределения и газопотребления». В 2022 году окончил с отличием магистратуру Санкт-Петербургского Горного университета по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело», программы «Трубопроводный транспорт углеводородов». Аспирант 4-го года обучения по специальности 2.6.17. "Материаловедение".

За период обучения в аспирантуре Злотин Владимир Андреевич своевременно сдал кандидатские экзамены на оценку «отлично» проявил себя квалифицированным специалистом, способным самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования. Принимала активное участие в международных и всероссийских научно-практических конференциях: Международный симпозиум «Нанозифика и наноматериалы», посвященный 110-летию В.Б. Алесковского (Санкт-Петербург, 2022 г.); V-я Всероссийская научно-техническая конференция молодых учёных «Транспорт и хранение углеводородов» (г. Омск, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Новое в машиностроении, механике и мехатронике: актуальные проблемы, инновационные решения» (г. Ташкент, Узбекистан, 2026 г.); IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы развития науки и современного общества» (г. Пенза, 2026 г.); Международная научно-практическая конференция «Цифровизация и технологические революции: современные вызовы и возможности» (г. Воронеж, 2026 г.); VII Всероссийская научно-практическая конференция (г. Пенза, 2026 г.).

Диссертация подготовлена как результат научных исследований, проведенных в рамках выполнения индивидуального учебного плана аспиранта (индивидуального плана соискателя).

При подготовке диссертации было использовано в том числе публикаций в цитируемых изданиях - 122 ед.

Экспериментальные исследования проводились в Санкт-Петербургском горном университете императрицы Екатерины II, ООО «ВИАСМ Плюс» и ЦНИИ КМ "Прометей".

В диссертации Злотина В.А. рассматривается вопрос снижения проницаемости транспортируемого водорода через стенку трубопровода и его потерь посредством нанесения внутренних полимерных покрытий, модифицированных нанодобавками.

В процессе обучения в аспирантуре Злотиным В.А. в установленный срок были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по теме диссертационной работы в достаточном объеме, что позволило обосновать выбор состава нанодобавок во

фторопластовом внутреннем покрытии с целью повышения эффективности снижения проницаемости и потери транспортируемого водорода через стенку трубопровода. Установлено, что наилучший результат обеспечивает состав ФП-566, модифицированный УНТ+SiC, с адгезионным слоем Al+AlOOH, что обеспечить эффективность снижения проницаемости до 89,3% и уменьшить потери транспортируемого водорода не более чем в 8,9 раз.

Основные научные результаты, выносимыми на защиту:

1. Модифицирование фторопластовой эмали ФП-566 диспергированными ультразвуковой обработкой нанодобавками УНТ, SiC, h-BN и фотоинициатора Irgacure 819 позволяет снизить диффузию водорода через барьерные покрытия (*DRF*) до 11,2 раз, диффузионный поток (*JRF*) – до 7,6 раз, а потери (*K*) – до 7,4 раз.

2. Адгезионный слой Al+AlOOH улучшает адгезию модифицированного фторопластового покрытия к стальной подложке до 8,5 МПа, повышает барьерные свойства композиционного покрытия η_D (до 97%) и снижает его проницаемость η_I (до 89%) и потери *K* (до 8,9 раз).

Основное содержание диссертации полностью соответствует защищаемым положениям. Все этапы исследований выполнены в соответствии с утвержденным планом.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, 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 изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Актуальность работы связана с тем, что на сегодняшний день развитие сектора добычи, транспорта и хранения энергоресурсов критически важно для экономического суверенитета, однако ориентация на углеводороды создаёт экологические проблемы, тогда как экологичной альтернативой является водород, но его применение ограничено из-за высокой проникающей способности, приводящей к охрупчиванию и потерям продукта при транспортировке, что требует создания материалов с низкой проницаемостью. В качестве решения рассматривается комбинация внутренних защитных металлических и полимерных покрытий с нанодобавками, улучшающими адгезию и затрудняющие диффузию.

В работе выявлено, что определённая комбинация УНТ, SiC и h-BN в составе фторопластового покрытия, а также подготовка поверхности защищаемой стенки трубы в газодинамического распыления Al с последующей гидротермальной обработкой, позволяют значительно повысить эффективность снижения проницаемости и потерь водорода за счёт минимизации дефектов внутри покрытия и обеспечения высокой адгезии полимерного покрытия.

Все результаты теоретических и экспериментальных исследований были получены Злотиным В.А. лично, их достоверность подтверждается проведением стандартных методов исследований, использованием, достаточным объёмом экспериментальных исследований, математических методов обработки эксперимент данных.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в усовершенствовании методики проведения эксперимента методом Деванатана-Стачурски путем нанесения на

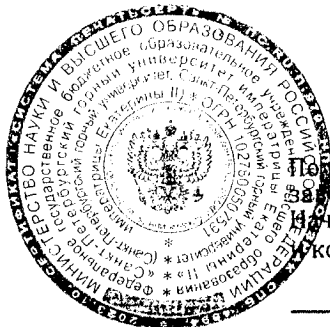
полимерные покрытия графитового лака, обеспечивающего электропроводность; обосновании выбора состава модифицированного нанодобавками УНТ и SiC фторопласта на базе ФП-566 для обеспечения наименьшей диффузии и потока водорода через стенку трубопровода; обосновании подготовки поверхности и выбора состава адгезионного слоя для обеспечения наибольшей адгезии покрытия к подложке при наводороживании; разработке алгоритма оценки потерь водорода через стенку трубы с прилагаемыми барьерными покрытиями, реализованной в виде программы для ЭВМ «Программа определения распределения концентрации транспортируемого водорода по толщине стенки трубы»; выполнении оценки потерь водорода через стенку трубы с предлагаемыми барьерными покрытиями, показавшая их высокую эффективность в снижении диффузии и потока водорода.

Диссертация «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 соответствует требованиям требованиям ВАК Минобрнауки России и 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 от от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Злотин Владимир Андреевич соискателя полностью – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Научный руководитель, д.т.н., профессор,
профессор кафедры Материаловедения и технологии художественных изделий
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Петкова Ани Петрова

199106, г. Санкт-Петербург,
Васильевский остров, 21 линия, д.2
Телефон: +7 921 336 87 73
e-mail: apetkova@inbox.ru



Подпись: 
Закрываю: _____
Начальник управления делопроизводства
и контроля документооборота

 Е.Р. Яковлева

29.06.2026