

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Злотина Владимира Андреевича
«Обоснование выбора составов внутренних покрытий трубопроводов для снижения
проницаемости транспортируемого водорода»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.17. Материаловедение

Автореферат диссертации Злотина Владимира Андреевича посвящен решению актуальной задачи материаловедения, связанной с повышением устойчивости стальных трубопроводов к воздействию водорода. Актуальность работы определяется необходимостью развития технических решений для транспортировки газообразного водорода, при которой существенными факторами являются диффузионные потери продукта и вероятность водородного охрупчивания металлической основы трубопроводов. Внутренние защитные покрытия представляют интерес как способ ограничения проникновения водорода в сталь без принципиального изменения конструкции трубопровода и базовой технологии его изготовления.

Цель работы заключается в обосновании состава внутреннего барьерного покрытия и адгезионного слоя для стальных трубопроводов, обеспечивающих снижение проницаемости водорода и его потерь при транспортировке. Для ее достижения автором проведен анализ применимости фторопластовой эмали ФП-566, модифицированной углеродными нанотрубками, β -карбидом кремния и гексагональным нитридом бора, а также выполнена сравнительная оценка акрилового, фосфатирующего и $Al-AlOOH$ адгезионных слоев.

Научная новизна исследования состоит в установлении связи между составом наномодифицированного фторопластового покрытия, характером распределения углеродных нанотрубок и уровнем водородопроницаемости покрытия. Автором установлено, что добавление УНТ, β -SiC, h-BN и фотоинициатора Irgacure 819 в состав покрытия на основе ФП-566 влияет на эффективный коэффициент диффузии и стационарный поток водорода. В качестве нового методического решения предложено использовать отношение коэффициентов эффективности снижения потока и диффузии η/η_D для количественной оценки влияния агломерации нанодобавок и наличия сквозных дефектов на защитные свойства покрытия.

Полученные результаты имеют научную значимость, поскольку развивают представления о механизмах повышения барьерных свойств фторопластовых нанокompозитов. Показано, что сочетание УНТ и β -SiC способствует формированию более равномерной структуры покрытия и обеспечивает наиболее благоприятное сочетание барьерных характеристик среди исследованных полимерных составов. Для такого покрытия автор приводит снижение диффузии водорода на 89,5%, уменьшение стационарного диффузионного потока на 86,3% и сокращение расчетных потерь водорода примерно в 7,5 раза.

Практическая значимость работы связана с разработкой рекомендаций по формированию внутренней композиции. Наиболее эффективным стало применение слоя $Al-AlOOH$, сформированного холодным газодинамическим напылением алюминия с последующей гидротермальной обработкой. В сочетании с покрытием, модифицированным УНТ и β -SiC, данное решение обеспечивает адгезионную прочность до 8,4 МПа, эффективность снижения диффузии до 97%, снижение диффузионного потока до 89% и уменьшение расчетных потерь водорода до 8,9 раза. В работе также

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-643 ОТ 21.09.16
АУ УС

усовершенствована методика испытаний непроводящих полимерных покрытий методом Деванатана–Стачурски и разработан алгоритм расчета потерь водорода, реализованный в программе для ЭВМ. Результаты приняты к внедрению в ООО «ВИАСМ Плюс».

Достоверность приведенных результатов обеспечивается использованием комплекса экспериментальных и расчетных методов. В автореферате указано применение метода Деванатана–Стачурски для оценки водородопроницаемости, метода отрыва для определения адгезионной прочности, а также сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии для исследования структуры и состава сформированных слоев. Сопоставление результатов по коэффициенту диффузии, стационарному потоку, эффективности барьерного действия, прочности при отрыве и расчетным потерям водорода обеспечивает достаточную аргументированность выводов автора.

Автореферат подготовлен в соответствии с логикой диссертационного исследования. В нем последовательно изложены исходные предпосылки работы, объект и предмет исследования, цель и задачи, положения, выносимые на защиту, методические подходы, основные результаты и заключение. Материал изложен научным языком, с применением специализированной терминологии. Табличные данные и иллюстрации позволяют проследить влияние состава покрытий и адгезионных слоев на исследуемые показатели.

В качестве замечания можно отметить, что в работе не оценен отдельно вклад фторопластового и адгезионных слоев в снижение коэффициента диффузии и стационарного потока водорода. Это позволило бы точнее определить границы применимости полученных результатов. Высказанное замечание не снижает общей положительной оценки работы.

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 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 20.05.2021 № 953 адм. а ее автор – Злотин Владимир Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет
«МИСИС»

доктор технических наук,

профессор

10.09.2026 г. Горбатьюк Сергей Михайлович

Адрес организации: Ленинский проспект, д. 4, 119991, г. Москва

Телефон (рабочий): +7(499)230-25-47

Адрес электронной почты: gorbatuksm@miis.ru

Подпись Горбатьюка Сергея Михайловича



Подпись: *Горбатьюк С.М.*
Инициалы: *С.М.*
Дата: *10.09.2026*