

УТВЕРЖДАЮ

Начальник
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
доктор технических наук, профессор
полковник внутренней службы

А.Б. Сивенков

«14» января 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» на диссертационную работу Петрилина Дмитрия Андреевича «Антикоррозионное лакокрасочное покрытие для обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки)

Актуальность работы

Представленная диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи – разработке нового лакокрасочного покрытия, которое позволит повысить уровень пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли промышленности.

На сегодняшний день большое количество пожаров происходит на резервуарах с жидкими углеводородами. В нефтяном оборудовании обращаются продукты с агрессивным воздействием на его поверхность. Эксплуатация металлического оборудования в коррозионно-активной среде приводит к его износу и выходу из строя. Образование коррозионных отложений с пирофорными свойствами приводит к пожарам и взрывам на объектах нефтегазовой отрасли промышленности.

В настоящее время для организации антикоррозионной защиты нефтяного оборудования применяется несколько методов с различной степенью эффективности защитного действия и рентабельностью. Один из таких методов – применение антикоррозионных лакокрасочных покрытий для обработки поверхности оборудования. Однако используемые в настоящее время лакокрасочные покрытия недостаточно эффективны.

Таким образом, разработка лакокрасочного покрытия, характеристики которого соответствуют требованиям технической документации, касающихся

вх № 6/4 от 27.01.2025

времени защитного действия от коррозии, позволит повысить уровень пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли промышленности и является актуальной научной и практической задачей.

Цель исследования, которую поставил и достиг в результате проделанной работы Петрилин Д.А., состоит в разработке многослойного антикоррозионного лакокрасочного покрытия, обеспечивающего пожаровзрывобезопасность резервуаров при хранении сернистой нефти.

Для достижения поставленной цели соискателем был решен ряд **задач**:

– проанализированы условия образования пиррофорных коррозионных отложений на поверхности резервуаров с сернистой нефтью и статистика пожаров по причине самовозгорания пиррофоров;

– разработана методика определения эффективности защитного действия многослойных антикоррозионных лакокрасочных покрытий, выбрана оптимальная композиция покрытия с учетом влияния состава каждого из его слоев на эффективность защитного действия всего покрытия;

– проведены испытания по определению эффективности защитного действия разработанного лакокрасочного покрытия, выявлены эмпирические зависимости скорости образования пиррофорных коррозионных отложений на поверхности нефтяного резервуара от различных видов обработки поверхности;

– определена температура воспламенения разработанного лакокрасочного покрытия, обоснован безопасный режим эксплуатации нефтяного оборудования при применении данного покрытия на объектах нефтегазовой отрасли промышленности.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Содержание работы изложено на 131 странице машинописного текста и включает в себя 28 таблиц, 35 рисунков, список литературы из 132 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы научного исследования, указана степень ее разработанности, сформулирована цель, задачи, объект и предмет исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, отражена степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе «Анализ статистики пожаров на нефтяных резервуарах и исследований в области их защиты от коррозии» представлены результаты анализа пожаров, произошедших на объектах нефтегазовой отрасли промышленности за 5 лет. Результаты анализа продемонстрировали, что основная часть пожаров фиксируется на резервуарных парках. Приведено

описание некоторых пожаров по причине самовозгорания пиррофорных коррозионных отложений.

Соискатель проанализировал пожарную опасность пиррофоров, образующихся на внутренней поверхности резервуаров с нефтью, условия их образования и самовозгорания. Анतिकоррозионная защита оборудования нефтяных предприятий регламентируются документами, разрабатываемыми данными предприятиями. В работе были изучены требования данных документов.

Проведен литературный обзор, посвященный исследованию механизма образования пиррофорных отложений на поверхности оборудования с сернистой нефтью, а также методов защиты от них. Выявлено, что пиррофорные коррозионные отложения способны являться причиной пожаров нефтяных резервуаров.

Предложено решение проблемы возникновения пожаров и взрывов на оборудовании с сернистой нефтью из-за самовозгорания пиррофорных коррозионных отложений защитой их внутренней поверхности лакокрасочным покрытием на акриловой основе.

Во второй главе «Лабораторные исследования по определению эффективности защитного действия многослойных антикоррозионных покрытий» представлена методика проведения исследований по определению защитной способности антикоррозионных лакокрасочных покрытий. Осуществлен выбор компонентов антикоррозионного покрытия (принята четырехслойная композиция): фосфатная пленка, раствор уротропина в этиловом спирте, раствор полиакрилата натрия в этиловом спирте, слой полиакрилата натрия.

Приведен процесс подготовки металла (использована сталь марки Ст3) к нанесению защитного покрытия и к проведению коррозионных исследований и раствора для моделирования коррозионно-активной среды, образующейся в оборудовании с сернистой нефтью. Соискателем было представлено описание алгоритма обработки результатов коррозионных исследований. Результат лабораторных и натуральных коррозионных испытаний – построение эмпирических зависимостей скорости коррозии стали 3 от вида обработки поверхности металла.

По результатам лабораторных исследований выявлено, что самые высокие результаты показывает обработка многослойным покрытием, включающим нанесение раствора уротропина в этиловом спирте (ингибирование), раствора полиакрилата натрия в этиловом спирте (грунтование), 2-х слоев полиакрилата натрия. Данное покрытие сохраняет свою эффективность защитного действия длительное время. Также соискателем предложено использование в качестве внутреннего пассивирующего слоя защитного лакокрасочного покрытия фосфатирования.

В третьей главе «Натурные испытания многослойных антикоррозионных покрытий» приведено описание натурных испытаний в рамках исследования, обработка их результатов. Испытания проведены соискателем на нефтяном оборудовании предприятия АО «Самаранефтегаз» (Самарская область) – резервуаре с сернистой нефтью и газосепараторе. Время натурных коррозионных испытаний – 6–12 месяцев.

Образцы стали 3 с различными вариантами антикоррозионной защиты были размещены в парогазовом пространстве оборудования в специальных кожухах. После проведения испытаний была произведена обработка результатов по методике, аналогичной лабораторному эксперименту. Эмпирические зависимости скорости коррозии от вида обработки и времени пребывания металла в коррозионной среде подтвердили эффективность разработанного четырехслойного антикоррозионного покрытия (экспериментально подтверждено увеличение защитной способности покрытия при использовании фосфатирования).

Расчет времени до появления сквозных коррозионных поражений на поверхности нефтяного оборудования из стали 3 с различными вариантами антикоррозионной защиты показал, что данное время составит более 40 лет, то есть больше требуемого срока безаварийной эксплуатации РВС (25 лет). Определено, что время достижения слоем пиррофорных коррозионных отложений опасной с точки зрения пожарной безопасности толщины 3 мм для оборудования с сернистой нефтью составит 1,5 года (для необработанной поверхности – около 1,5 месяцев). Выявлена необходимость периодической очистки поверхности оборудования от образовавшихся пиррофоров даже при использовании защитного покрытия.

В четвертой главе «Основные свойства защитного покрытия, определяющие пожаровзрывобезопасность резервуаров с сернистой нефтью» проведены коррозионно-электрохимические исследования различных вариантов защиты металла. Основа коррозионно-электрохимической системы – трехэлектродная электрохимическая ячейка с пространствами рабочего электрода, электрода сравнения, вспомогательного электрода (рабочий электрод – образцы стали марки Ст3 с различной обработкой).

На основе проведенных коррозионно-электрохимических исследований были построены хроногальванодиаграммы. Наиболее высокую эффективность защитного действия показало многослойное покрытие, включающее нанесение ингибитора, грунтовки и полиакрилата натрия.

Для исследования влияния открытого источника горения на характеристики разрабатываемого защитного покрытия соискателем была определена температура воспламенения различных антикоррозионных составов и сделан сравнительный анализ. Установлены температуры воспламенения покрытий на акриловой основе и на эпоксидной основе. Несмотря на выявленную низкую сопротивляемость лакокрасочного покрытия на акриловой

основе высоким температурам, оно не способствует распространению пожара, так как является термически тонким.

Заключение диссертации содержит констатацию основных научных и практических результатов работы. В **приложениях** представлены результаты коррозионно-электрохимических исследований по проверке защитной способности лакокрасочных покрытий различного химического состава, а также акты внедрения результатов работы.

Значимость результатов для развития отрасли науки и техники

Разработанная методика определения эффективности защитного действия многослойных антикоррозионных покрытий позволит производственным предприятиям проверить действие различных лакокрасочных покрытий для конкретных условий эксплуатации защищаемого металла. Полученное антикоррозионное лакокрасочное покрытие может быть использовано для защиты оборудования, в котором обращается сернистая нефть. Таким образом, результаты исследования позволят повысить эффективность антикоррозионной защиты объектов нефтегазовой отрасли промышленности.

Результаты работы применены:

- при разработке рекомендаций по уменьшению скорости образования пиррофорных отложений в резервуарах с сернистой нефтью и повышению пожарной безопасности резервуарного парка АО «Самаранефтегаз» в АО «НПП Криосервис»;

- в ходе выполнения научно-исследовательской работы на тему: «Проведение научных исследований для получения исходных данных по использованию протекторов для противокоррозионной защиты внутренней поверхности кровли резервуаров с сернистой нефтью»;

- при подготовке научно-педагогических кадров в Академии ГПС МЧС России.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Полученные результаты могут быть использованы:

- для определения эффективности защитного действия различных антикоррозионных лакокрасочных покрытий по разработанной методике;

- для прогнозирования скорости образования пиррофорных коррозионных отложений на поверхности оборудования, эксплуатирующегося в коррозионно-активной среде;

- для оценки возможности применения разработанного антикоррозионного покрытия на объектах нефтегазовой отрасли промышленности;

- в научно-исследовательских работах и учебном процессе образовательных организаций.

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте диссертации не отражено, почему при проведении исследований в качестве слоя покрытия на основе полиакрилата натрия использована именно алкидная эмаль ПФ-115 «Май». Возможно ли использовать другие покрытия?

2. Не указано, какое увеличение микроскопа позволяет увидеть поверхность исследуемого образца металла площадью 700 мкм² при исследовании поверхности методом двойной фокусировки.

3. Предложение «Для снятия хроногальванометрических кривых в исследовании использован потенциостатический режим (задаваемый параметр – потенциал поляризации электрода, близкий к потенциалу коррозии в условиях эксплуатации резервуаров с сернистой нефтью, регистрируемый параметр – величина тока растворения металла).» требует уточнения «... близкий к потенциалу свободной коррозии ...».

Заключение

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Петрилина Дмитрия Андреевича на тему: «Антикоррозионное лакокрасочное покрытие для обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной и практической значимостью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки): пункту 3 «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ, материалов, производственного оборудования и конструкций»; пункту 6 «Исследование и разработка средств, методов и алгоритмов обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов и регламентных работ на стадии эксплуатации объектов защиты».

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.), для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Петрилин Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Отзыв заслушан, обсужден и утвержден на совместном заседании отдела специальных исследований и НИЦ научно-технических проблем пожарной безопасности федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский

институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» 14.01.2025 г.

Отзыв подготовил:

Ведущий научный сотрудник

отдела специальных исследований,

ученый секретарь диссертационного совета

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

к.т.н.,



Е.Ю. Сушкина

«14» января 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России): 143903 Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12, тел.: +7 (495) 521-23-33, e-mail: vniipo@vniipo.ru, Веб-сайт: <http://www.vniipo.ru>