

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Коренева В.В.  
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 диссертационной работы.

Одна из причин пожаров на объектах нефтегазовой отрасли промышленности – самовозгорание пиррофорных отложений на поверхности нефтяного оборудования. Петрилин Дмитрий Андреевич проанализировал статистику и примеры пожаров на резервуарах типа РВС, предназначенных для хранения сернистой нефти. Выявлено, что одним из источников зажигания является самовозгорание пиррофорных коррозионных отложений.

На процесс коррозии оказывает влияние несколько факторов. Один из таких факторов – состав нефти. Коррозия нефтяного оборудования интенсивно протекает при обращении в оборудовании сернистой нефти. Соискатель в ходе выполнения диссертации проводит исследование с высокосернистой нефтью.

Для антикоррозионной защиты нефтяного оборудования применяется несколько методов. Одновременно эффективностью защитного действия и экономичностью обладает метод антикоррозионной защиты обработкой внутренней поверхности антикоррозионным лакокрасочным покрытием. Именно в рамках данного метода проведено исследование в представленной диссертационной работе.

Известно большое количество покрытий для антикоррозионной защиты нефтяного оборудования. Одно из важных технических требований к покрытию – срок службы не менее 10 лет. Проведенный соискателем анализ показал, что большинство современных покрытий не отвечают данному требованию. Выявлена необходимость разработки нового антикоррозионного лакокрасочного покрытия.

### Содержание работы.

**Первая глава** диссертационной работы посвящена анализу статистики пожаров на нефтяных резервуарах и исследований в области антикоррозионной защиты оборудования. Выявлена отрицательная динамика по увеличению количества пожаров на объектах нефтегазовой отрасли промышленности. Приведены примеры пожаров на нефтяных резервуарах типа РВС по причине самовозгорания пиррофорных коррозионных отложений. Сделан вывод о низком уровне защиты резервуаров с сернистой нефтью от коррозии.

Соискатель привел описание механизма образования пиррофорных коррозионных отложений на поверхности нефтяных резервуаров. Выполнен анализ пожарной опасности пиррофоров на внутренней поверхности оборудования с сернистой нефтью. Выявлены условия самовозгорания пиррофорных коррозионных отложений (накопление их на поверхности оборудования до

определенной толщины, зависимость свойств пиррофорных отложений от их структуры и др.). Рассмотрен процесс коррозии и образования пиррофорных отложений на внутренней поверхности РВС. Приведены требования к вертикальным стальным резервуарам с сернистой нефтью. Сделан анализ особенности реализации антикоррозионной защиты нефтяного оборудования на различных предприятиях. Крупные нефтяные предприятия самостоятельно разрабатывают правила антикоррозионной защиты оборудования на своих объектах.

Рассмотрены требования к антикоррозионным лакокрасочным покрытиям для защиты поверхности нефтяных резервуаров. Приведены примеры наиболее известных защитных покрытий, применяющихся для защиты нефтяного оборудования. Выявлено, что распространены лакокрасочные покрытия на эпоксидной и полиуретановой основе. Однако расчетный срок службы указанных покрытий значительно ниже требуемого.

Соискателем осуществлен анализ исследований в области обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью. Выявлены существенные недостатки основных методов антикоррозионной защиты, применяемых в настоящее время. Определено, что метод защиты внутренней поверхности резервуаров с помощью многослойных лакокрасочных покрытий на акриловой основе практически не изучен. Сделан вывод о необходимости разработки многослойного защитного покрытия с определенным назначением каждого слоя с внешним барьерным слоем на акриловой основе. Выдвинуто предположение, что такое покрытие обеспечит низкую скорость коррозии поверхности РВС даже при нарушении целостности внешнего слоя вследствие работы внутренних функциональных слоев покрытия.

Во **второй главе** соискатель произвел аргументированный выбор компонентов многослойного антикоррозионного лакокрасочного покрытия. За основу разрабатываемого покрытия принята четырехслойная композиция. В качестве внутреннего слоя предложено использование фосфатной пленки. Основа второго слоя разрабатываемого покрытия – раствор уротропина. Для создания третьего слоя лакокрасочного покрытия предложено использование раствора полиакрилата натрия в этиловом спирте, а верхнего слоя – полиакрилата натрия. Химический состав каждого слоя выбран на основе их функционального назначения и предполагаемой работой в рамках композиции покрытия.

Приведено описание методики определения эффективности защитного действия многослойных антикоррозионных покрытий. Исследуемым металлом является углеродистая сталь марки Ст3, как широко распространенная при монтаже нефтяных резервуаров типа РВС. Рассмотрен процесс подготовки поверхности металла к нанесению покрытия, приготовления испытательных сред для моделирования реальных условий. Разработан лабораторный стенд для экспериментов.

Лабораторные и натурные исследования заканчиваются изучением поверхности образцов с помощью гравиметрического метода и метода оптической микроскопии и расчета основных коррозионных показателей с построением

эмпирических зависимостей скорости образования пиррофорных отложений на поверхности металла от различных видов обработки данной поверхности. В работе приведено подробное описание алгоритма расчета показателей коррозии – массовой убыли, скорости равномерной, локальной и общей коррозии. В данном расчете использована интервальная оценка.

Время проведения лабораторных исследований – 3-6 месяцев. Выявлено, что наибольшую эффективность защитного действия по результатам лабораторных экспериментов показало многослойное лакокрасочное покрытие, состоящее из ингибирующего слоя (раствор уротропина в этиловом спирте), слоя грунтовки (раствор полиакрилата натрия в этиловом спирте) и внешнего слоя на основе полиакрилата натрия. Предложено использование в качестве внутреннего слоя фосфатной пленки.

**Третья глава** диссертационной работы посвящена описанию натуральных испытаний различных многослойных композиций. Натурные испытания проводились на предприятии АО «Самаранефтегаз» (Самарская область), время проведения испытаний – 6-12 месяцев. Образцы стали Ст3 с различными видами обработки завешены в парогазовое пространство нефтяного оборудования. Испытания проведены в двух типах нефтяного оборудования – РВС с сернистой нефтью и газосепараторе.

В ходе проведения натуральных испытаний проверялось защитное действие двух многослойных лакокрасочных композиций. Состав первой композиции: ингибитор (раствор уротропина в этиловом спирте), грунтовка (раствор полиакрилата натрия в этиловом спирте) и 2 слоя покрытия на основе полиакрилата натрия. Состав второй композиции: фосфатирование, ингибитор, грунтовка и 2 слоя покрытия на основе полиакрилата натрия.

По результатам натуральных испытаний соискателем доказана высокая эффективность защитного действия разработанного лакокрасочного антикоррозионного покрытия (фосфатирование, ингибирование, грунтование, внешний слой на основе полиакрилата натрия). Подтверждена необходимость использования в качестве внутреннего слоя фосфатирования.

Сделан прогноз времени до аварийной разгерметизации нефтяного оборудования при использовании разработанного покрытия. Полученный показатель значительно превышает нормативный срок службы РВС. Также спрогнозировано время до возникновения пожароопасной ситуации для оборудования с сернистой нефтью при защите его поверхности разработанным покрытием. Прогноз показал, что в течение 10 лет после ввода резервуара в эксплуатацию не может быть разгерметизации из-за коррозии его поверхности.

**В четвертой главе** работы исследованы некоторые свойства разработанного лакокрасочного покрытия. По результатам коррозионно-электрохимических исследований поверхности стали марки Ст3 с различными видами обработки выявлена эффективность многослойного покрытия, включающего ингибирование, грунтование и нанесение двух слоев полиакрилата натрия.

Определена температура воспламенения различных лакокрасочных покрытий. При этом произведено сравнение данного показателя для покрытий на

эпоксидной основе (распространенные лакокрасочные материалы для антикоррозионной защиты) и на акриловой основе (разработанное покрытие). Установлено, что температура воспламенения разработанного лакокрасочного покрытия самая низкая. При этом вследствие малой толщины слоя данного покрытия, его участие в развитии возможного пожара на нефтяном оборудовании предполагается невозможным.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается:

- соблюдением условий моделирования при проведении лабораторного эксперимента;
- удовлетворительной сходимостью результатов лабораторных экспериментов с данными, полученными в результате проведения натуральных испытаний;
- использованием поверенных измерительных приборов, апробированных методик измерения и обработки данных;
- внутренней непротиворечивостью результатов.

**Теоретическая и практическая значимость работы:**

- сформирован подход к повышению пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью, заключающийся в применении многослойного лакокрасочного покрытия с определенным функциональным назначением каждого из его слоев;
- разработан состав антикоррозионного лакокрасочного покрытия, при использовании которого скорость коррозии поверхности нефтяного оборудования значительно снижается;
- определена температура воспламенения разработанного лакокрасочного покрытия, произведена оценка безопасности нефтяного оборудования при обработке его поверхности данным защитным покрытием.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 30 научных изданиях, в том числе 4 работы – в изданиях, входящих в Перечень ВАК, 3 – в изданиях, размещаемых в Scopus. Содержание работы изложено на 131 странице машинописного текста, представлены акты внедрения, полученные соискателем при выполнении диссертации.

**Замечания по диссертационной работе.**

1. Соискатель в работе не привел условия нанесения антикоррозионного лакокрасочного покрытия.
2. Отсутствует экспериментальная часть по влиянию разработанного лакокрасочного покрытия на эффективность защиты от пирофорных отложений.
3. Не оценена возможность подготовки поверхности металла по приведенной в работе методике в реальных условиях.
4. Не раскрыт процесс образования пирофорных коррозионных отложений в ректификационной колонне.

Данные замечания не меняют положительную оценку диссертационной работы.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Петрилина Дмитрия Андреевича на тему: «Антикоррозионное лакокрасочное покрытие для обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью» является актуальной, законченной, самостоятельной научно-квалификационной работой, имеющей научную новизну и практическую значимость. 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».

По содержанию, научной и практической значимости представленная диссертационная работа отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Петрилин Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Руководитель направления  
«Органический синтез»  
Акционерного общества «ТВЭЛ»  
кандидат технических наук  
«27» января 2025 года

В.В. Коренев

Подпись Владимира Васильевича Коренева заверяю:

