

Васильев Игорь Львович

**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность: 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Работа выполнена в федеральном научно-производственном центре публичном акционерном обществе «Научно-производственное объединение «Искра»»

Научный руководитель: **Шайдурова Галина Ивановна**  
доктор технических наук, профессор, главный химик публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Искра»», профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Официальные оппоненты: **Тупик Виктор Анатольевич**  
доктор технических наук, доцент, проректор по международной деятельности, заведующий кафедры Микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина)

**Зайцев Николай Агафангелович**  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедения, литья и сварки», главный инженер Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьева

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск, Ярославская область

Защита состоится «16» сентября 2015 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.210.03 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева» по адресу: 152934, г. Рыбинск, Ярославская область, ул. Пушкина, 53, ауд. Г-237

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», [www.rsatu.ru](http://www.rsatu.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Каляева Н.А.

## Общая характеристика работы

### Актуальность работы

В последнее десятилетие интенсивно развивается химическое и нефтегазовое машиностроение, что требует создания современных газопроводных систем и непосредственно связанных с ними газоперекачивающих агрегатов. Результаты эксплуатации топливно-энергетических комплексов выявили ряд технических проблем, непосредственно связанных с интенсивностью при эксплуатации процессов коррозии стальных конструкций. Особенно это касается выхлопных систем, которые испытывают как воздействие агрессивных химических сред в зависимости от регионально-климатических факторов, так и от термоциклических перепадов в диапазоне от минус 40 до плюс 400 °С. Система наиболее уязвима на этапе инерционного охлаждения при выключении агрегатов. В этот период при остановках в многослойных системах лакокрасочных покрытий вследствие возникновения напряжений в поверхностных слоях полимерных матриц зарождаются микротрещины, приводящие к нарушениям покрытия. Восстановление таких покрытий на действующих агрегатах исключительно проблематично для технического исполнения и требует дополнительных экономических затрат. Применение нержавеющей сталей приводит к еще большему удорожанию агрегатов.

Одновременно, обращают на себя внимание стыковочные поверхности, собираемые через крепежные элементы, среди которых значительное место принадлежит деталям с цинковыми, кадмиевыми и медными покрытиями. Традиционными для них во всех отраслях промышленности приняты цианистые электролиты, обладающие максимальной рассеивающей способностью и образующие наиболее плотные блестящие осадки, легко заполняемые хромсодержащими пассивными пленками. Однако, по экологическим аспектам исключительно актуальной сформулирована задача разработки рецептур бесцианистых электролитов для гальванического производства деталей с электрохимическим осаждением цинка, кадмия и меди из экологически более чистых электролитов с достижением качества, сопоставимого с традиционной технологией получения покрытий из цианистых электролитов.

Вышеизложенные аргументы свидетельствуют о целесообразности проведения научных исследований в области совершенствования технологических процессов формирования защитных покрытий с целью достижения защитных свойств обеспечивающих уровень требуемого качества химических агрегатов при долговременной эксплуатации (10-17,5 лет) без ремонтно-восстановительных работ, что является исключительно важной и актуальной задачей.

**Объектом исследования** являются системы защитных термостойких покрытий для экстремальных условий эксплуатации, включая кремнийсодержащие пленкообразующие

композиции и гальванические покрытия, получаемые из цианистых и бесцианистых электролитов.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является разработка методологических, физико-химических и технологических аспектов получения защитных покрытий на неорганической и органической основе с прогнозируемыми свойствами в течение длительной эксплуатации реальных агрегатов.

В соответствии с поставленной целью определены следующие научные задачи:

1 Разработка методологической схемы создания функциональных материалов на основе металлических (неорганических) и органических защитных покрытий, а также - установление физико-химических критериев прогнозирования их повреждаемости при действии повышенных температур, химических сред и скоростных газозвушных потоков.

2 Исследование закономерностей получения гальвано - химических покрытий (материалов) из экономически более чистых растворов при введении поверхностно-активных веществ с достижением уровня свойств металлических осадков, идентичным материалам, полученным из цианистых электролитов.

3 Исследование закономерностей получения и эксплуатации защитных покрытий на органической основе. Выбор критериальных оценок и чувствительных параметров для покрытий, как материалов, при эксплуатации в условиях циклических термоперепадов. Исследование влияния толщины защитных покрытий на напряженно-деформационное состояние при охлаждении в диапазоне от 700 до  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ .

4 Разработка методики прогнозирования и создания программы расчета долговременной эксплуатации защитных покрытий на неорганической и органической основе.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Работа выполнена в соответствии с научными темами и программами, производимыми в Научно-производственном объединении «Искра»:

– Государственный контракт с Росавиакосмосом №154–Т372/04 от 01.03.04. Составная часть комплексной ОКР «Материал». Шифр темы: “Сылва”.

**Научная новизна заключается в следующем:**

1 Выполнен анализ структурных составляющих эксплуатационной среды, позволяющий разработать технологические процессы формирования атмосферо-термостойких защитных покрытий на металлической (неорганической) и органической основах.

2 Предложены технологические и методологические основы формирования функциональных защитных покрытий на металлической (неорганической) основе.

3 Изучены закономерности взаимодействия покрытий с материалом изделия в условиях термических воздействий, предложены критерии выбора составов и покрытий.

4 Выявлены закономерности протекания фазовых превращений в металлосодержащих органических покрытиях, позволившие определить характеристические температуры физико-химических процессов, приводящих к деструкции материала.

5 Разработана экспериментальная установка и программа-методика для физического моделирования процесса эксплуатации конструктивных элементов в условиях циклических термоперепадов.

**Практическая значимость:**

На основе представленных теоретических и экспериментальных исследований предложен состав многослойного покрытия для антикоррозионной защиты поверхностей из углеродистых сталей на органической основе с введением ультрадисперсного цинка, позволяющий увеличить эксплуатационный ресурс изделия.

Разработан новый электролит кадмирования на основе бесцианистого состава, включающего кадмий серноокислый, аммоний серноокислый, кислоту борную и блескообразующую добавку (Патент РФ №2302483 от 10.07.07).

Разработана методика выбора бесцианистых составов, установлены технологические схемы нанесения покрытий и проведения контроля качества полученных металлических осадков.

На предложенные технологические схемы по результатам исследований материалов и покрытий имеются акты внедрения и испытаний.

Решение поставленных в работе задач и полученные результаты содержат научные обоснования по конкретизации использования вариантов защитных покрытий с прогнозируемыми свойствами и природоохранной технологией.

**Достоверность** результатов обеспечивается корректным использованием теории физико-химических процессов, а также применением стандартных методик экспериментальных исследований и подтверждается результатами производственного опробования.

**Личный вклад автора.**

Автор непосредственно участвовал в постановке задач исследований процессов получения защитных покрытий, в проведении экспериментов для выбора и оптимизации рецептур бесцианистых электролитов с использованием инструментальных методов критериального оценивания и обобщении теоретических и экспериментальных данных, одним из результатов которых является получение нового электролита бесцианистого кадмирования.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях:

– II конкурсная конференция молодых специалистов аэрокосмической и металлургической отраслей (г. Королев, 2003);

- II Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых (г. Бийск, 2005);
- V конкурсная конференция молодых специалистов авиационных, ракетно-космических и металлургических организаций России (г. Королев, 2006);
- Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» (Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008).

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1 Методологические основы формирования термостойких защитных покрытий на металлической (неорганической) и органической основе, разработанные в результате исследования структурных составляющих по схеме «исходные компоненты – технология (методы формирования) – покрытия – прогнозирование долговременного применения».

2 Моделирование процессов, происходящих при эксплуатации атмосферо-термостойких материалов (покрытий), позволяющих обеспечить выбор эффективных систем для материалов и покрытий для применения в высокотемпературных агрегатах.

3 Результаты исследований фазовых и структурных превращений металлосодержащих органических покрытий методом дифференциально-термического анализа и их использование для создания комбинированных покрытий.

4 Методика прогнозирования гарантийных сроков эксплуатации органических и неорганических покрытий в контакте с субстратами из углеродистых сталей для экстремальных условий эксплуатации.

**Публикации.** По теме исследований опубликовано 23 работы, в том числе 15 статей в центральной печати (4 статьи в журналах из перечня ВАК), 5 тезисов докладов на конференциях. По результатам работ оформлено 3 патента.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 127 наименований отечественных и зарубежных источников. Работа изложена на 163 страницах, содержит 48 рисунков, 34 таблиц.

#### **Основное содержание работы**

**Введение** содержит обоснование актуальности темы диссертационной работы, формулировку цели работы, защищаемых положений, практической ценности полученных результатов и данные по апробации работы.

**В первой главе** представлен анализ условий эксплуатации проектируемых изделий химического машиностроения и методов защиты агрегатов (рисунок 1) от коррозии в экстремальных условиях эксплуатации (температура, перепад температур, влажность, газовая среда). Изучены существующие методы прогнозирования гарантийных сроков службы защитных покрытий.

Рассмотрены конструктивно-технологические решения антикоррозионной защиты

выхлопных систем химических агрегатов теплоэнергетического комплекса.

Сложность в решении проблемы оценивания долговечности покрытий определяется, во – первых, тем, что структурные составляющие, на основе которых формируют многослойные покрытия, содержат ассортимент компонентов различного химического состава и строения, обуславливающих свойства покрытий; во – вторых, формирование покрытий на твердом недеформирующемся субстрате, и адгезионное взаимодействие покрытия с металлом или любым другим материалом (бетон, дерево, стекло, пластмасса) предопределяют особенности эксплуатационных свойств органических и неорганических покрытий.



Рисунок 1 – Внешний вид газоперекачивающего агрегата

В настоящее время развиваются новые подходы как к созданию новых технологий коррозионно–защитных покрытий, так и к способам прогнозирования их долговечности. Для теплонагруженных металлических конструкций химических агрегатов в основном, используются лакокрасочные покрытия термостойкого типа

с гарантийным сроком эксплуатации до 7 лет и гальвано химические покрытия (цинкование, меднение, кадмирование), получаемые осаждением из цианистых электролитов.

Для продления сроков эксплуатации крупногабаритных изделий выбран метод моделирования условий эксплуатации, а по результатам первичных испытаний – определение вариантного исполнения покрытий для расширенных испытаний.

При формировании гальвано- химических покрытий, в основном, используются технологии

электроосаждения. Согласно литературным источникам и научно-технической информации в практике нашли применение различные, покрытия, полученные из бесцианистых электролитов, которые по своим синергетическим свойствам уступают традиционным покрытиям из цианистых электролитов. Следует отметить, что в настоящее время разработаны различные добавки на основе современных поверхностно-активных веществ, которые способны улучшить защитные свойства покрытий, получаемых из бесцианистых электролитов. В результате аналитического обзора литературно – информационных данных были определены материалы и покрытия, а также методы их формирования и испытаний для прогнозирования защитных свойств полученных покрытий (органических и неорганических) с установлением гарантийных сроков эксплуатации изделий, функционирующих при повышенных температурах и термоперепадах.

**Вторая глава** посвящена обоснованию выбора объектов и методов исследования органических термозащитных и гальвано- химических покрытий как материалов, работающих в контакте с субстратами.

Показано, что в качестве объектов исследований, с одной стороны, выбраны классы лакокрасочных материалов термостойкого типа (до 600°C) и покрытий на их основе, а с другой, – гальвано-химические покрытия, полученные методом электроосаждения из цианистых и бесцианистых электролитов (цинкование, кадмирование и меднение).

Исходя из анализа литературных данных, представленных в первой главе, были выбраны покрытия на неорганической основе (цинк, кадмий, медь), получаемые по технологии электрохимии, для чего была разработана матрица планирования экспериментов по модификации бесцианистых электролитов кадмирования, меднения и цинкования. Методом экспертной квалиметрии был проанализирован ассортимент и выбраны поверхностно – активные вещества (добавки), способные обеспечить формирование гальвано- химических покрытий повышенного ресурса в термовлажностных условиях.

В качестве объектов исследований выбраны кадмиевые, цинковые и медные гальвано-химические покрытия, получаемые методом осаждения из электролитов с введенными специализированными добавками.

Теоретически обоснованы и выбраны методы исследований защитных и технологических свойств гальвано- химических покрытий:

- Фильда для оценки рассеивающей способности;
- механических испытаний (при одноосном растяжении стальной проволоки);
- электрохимической экстракции водорода из стали (после снятия покрытия);
- измерения водородопроницаемости стальной мембраны (одна из сторон с гальваническим покрытием).

**В третьей главе** показано, что в процессе эксплуатации покрытий неизбежно происходит их разрушение, которое связано с протеканием в пленках необратимых химических и физических процессов под влиянием внешних и внутренних факторов. Практика наблюдений за эксплуатацией покрытий на экспозиции показывает, что изменяются в сторону ухудшения практически все их свойства: механические, химические, противокоррозионные и др. На определенной стадии старения покрытие перестает выполнять свои защитные функции.

Одним из критичных явлений в системе «защитное покрытие – рабочая атмосфера», определяющим допустимые условия эксплуатации и ресурс всей газопроводной системы, является сохранность защитного покрытия в условиях эксплуатации (термоперепады, воздействие агрессивной среды, контакты разнородных материалов в стыковочных соединениях). Эти воздействия воспринимаются, в основном, поверхностью и, прежде всего, –



тонкопленочными лакокрасочными, а также электроосажденными покрытиями на крепежные детали многочисленных контактных пар.

Экспериментальные исследования на натуральных изделиях являются длительной и дорогостоящей технической задачей. Для теоретических расчетов необходимы адекватные модели, учитывающие всю совокупность физико-химических, физико-механических процессов, сопровождающих безаварийную (бездефектную) эксплуатацию. Прогнозирующая способность этих моделей зависит от корректно измеренных данных и адекватности построения эксперимента.

Обычно процессы физико-химических превращений полимерных материалов на первом этапе изучают с помощью приборов дифференциально-термического анализа, которые демонстрируют фазовые превращения и энтальпийные процессы. Результаты этих исследований хотя и дают ценную информацию о физико-химических превращениях, но не моделируют в целом физическое состояние термодинамической устойчивости системы органических наполненных термостойких покрытий. Метод дифференциально-термического анализа является исключительно полезным для первичной оценки характеристической температуры, допустимой для данного вида полимерного покрытия.

По результатам термического анализа можно ориентироваться на объекты для комплексных испытаний в условиях, учитывающих эксплуатационные факторы, а именно:

- односторонний нагрев;
- имитация воздействующей химической среды;
- скорость движения воздушной среды;
- имитация охлаждения;
- термоциклирование (с учетом программы ускоренных климатических испытаний).

Выбранная совокупность использования методов и эксплуатационных факторов позволила объективно оценить и спрогнозировать физическое состояние полимерных покрытий в условиях идентичных эксплуатации.

Для исследования физико-механических свойств термостойких покрытий наряду со стандартными методиками испытаний покрытий, разработан вариант специализированной установки (рисунок 2), позволяющей объективно и комплексно воспроизвести условия эксплуатации для модельных образцов, приближенные к натурным (воздействие температуры до 400°C), агрессивной среды и конвективного потока газовой среды.

Для проведения комплексных исследований разработана методика термического воздействия (в сочетании с сопутствующими факторами) на исследуемые объекты, исходя из особенностей условий эксплуатации агрегата типа ГПА-25ДУ, представительного и для других изделий.

Испытания защитных покрытий были выполнены в три этапа:

### 1. Испытания по определению адгезионных свойств.

Поскольку в период отработки оптимальных технологических режимов получения покрытий решающим фактором является прочность сцепления покрытия с подложкой, то, в первую очередь, проводились испытания по определению адгезионных и когезионных свойств. Оценка прочностных характеристик являлась своеобразным тестом для выбора режимов получения покрытий. Покрытия, успешно выдержавшие тестирование, далее испытывали в условиях, аналогичных эксплуатационным.

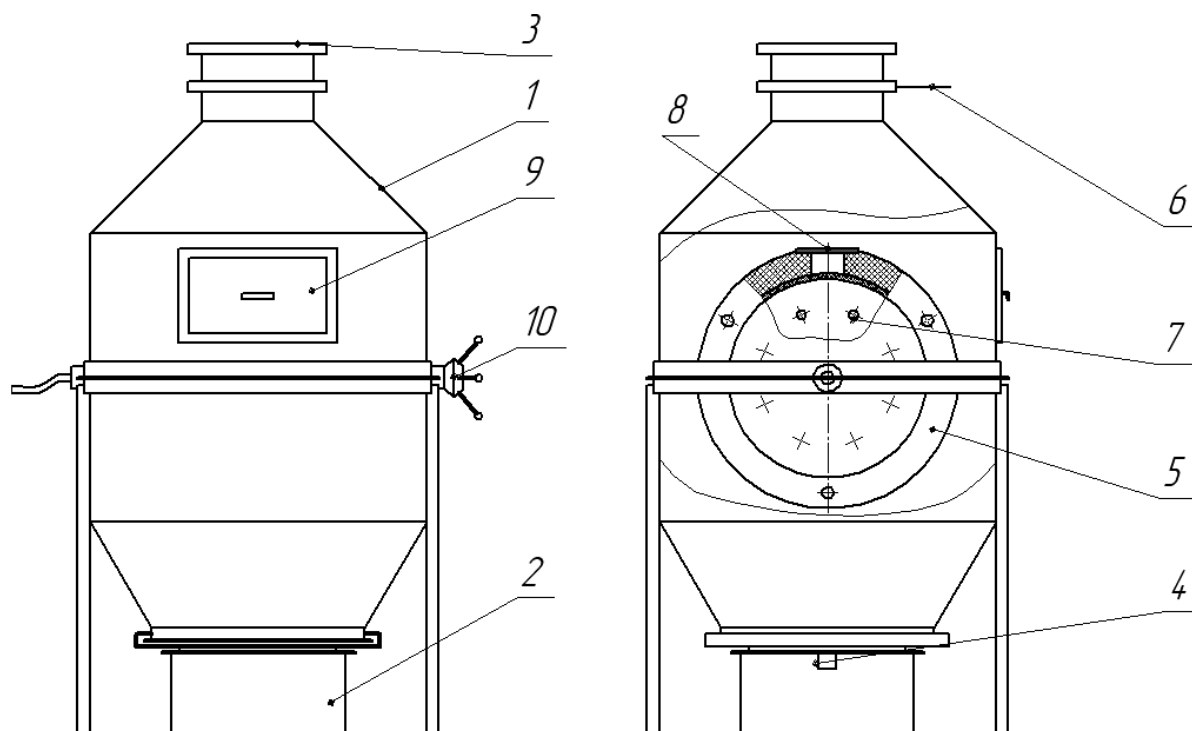


Рисунок 2 – Схема специализированной установки для моделирования условий эксплуатации защитных покрытий: 1 – кожух; 2 – ванна с агрессивной средой; 3 – вентиляция; 4 – фитиль; 5 – трубчатая печь; 6 – заслонка; 7 – нагревательный элемент; 8 – образец; 9 – крышка; 10 – ручка для вращения печи

### 2. Испытания на термическую стабильность покрытия.

Существует целый ряд факторов, влияние которых может привести к потере требуемых качественных характеристик вплоть до разрушения покрытия. Для предупреждения этой ситуации специально был проведен комплекс испытаний, для чего были созданы условия, имитирующие предполагаемую рабочую среду; были проведены также испытания на стойкость покрытий к повышенным температурам (термостойкость) и термическую усталость. Разработана схема последовательности переходов термического цикла (рисунок 3).

Результаты исследований полимерных покрытий на термическую стабильность приведены на рисунке 4

3. Исследования физико-химических превращений в металлонаполненных полимерных композициях с использованием метода дифференциально-термического анализа. Результаты представлены на рисунке 5.

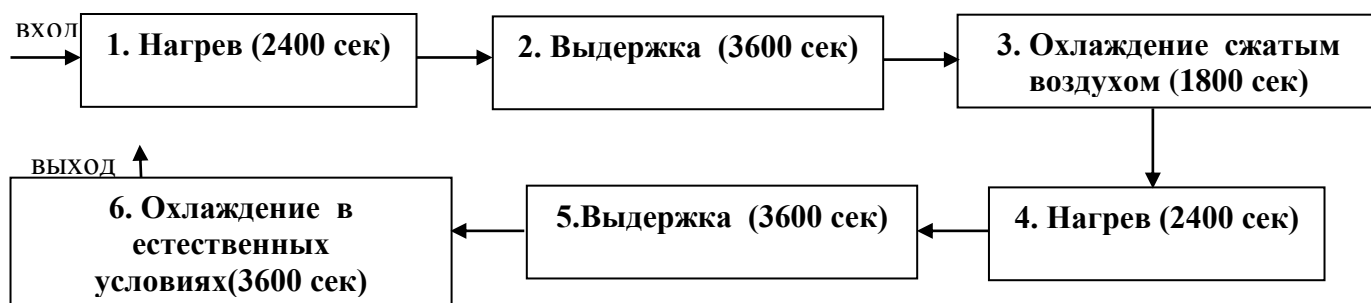


Рисунок 3 – Схема последовательности переходов термического цикла

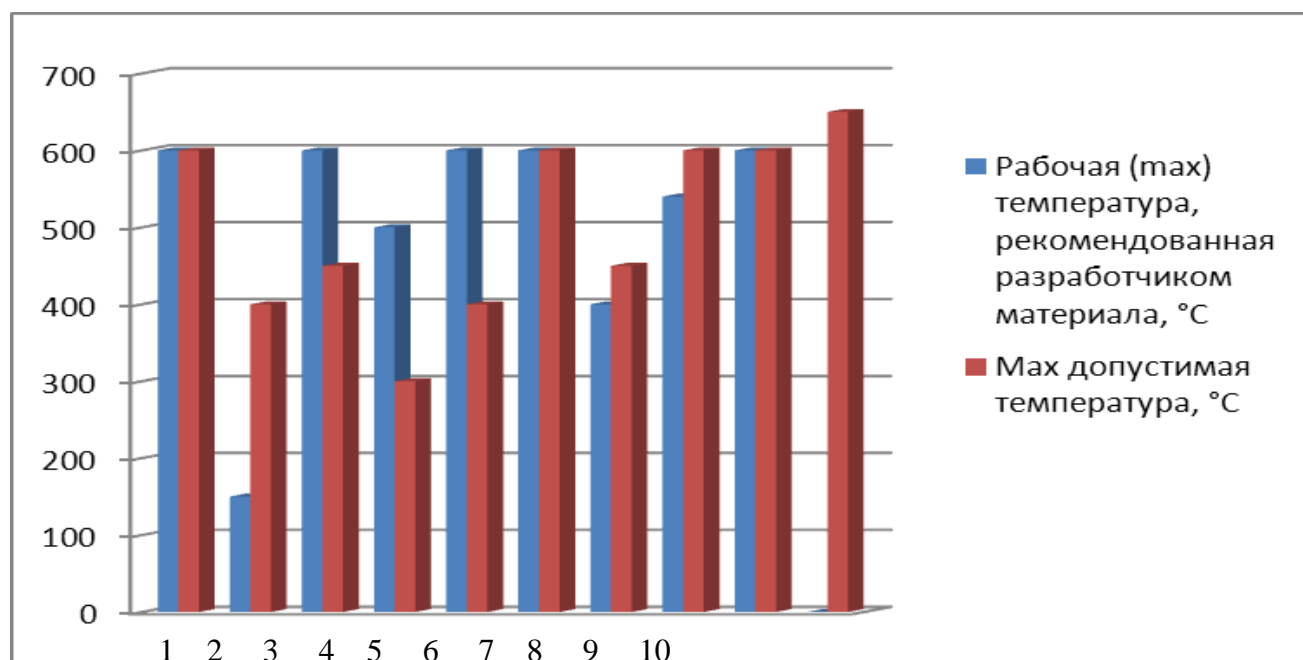


Рисунок 4 – Результаты на термическую стабильность покрытий на основе: 1-Силтэк; 2 – ЦВЭС; 3 – КО-8101; 4 – КО-814; 5 – КО-868; 6 –DF09-9061; 7 – Intertherm 181; 8 – Intertherm 50; 9 – Aluminium 56910; 10 – Силтэк-2/1

По результатам комплексных исследований разработан вариант модификации термостойкой кремнийсодержащей композиции (с асбестом) путем введения в третий и четвертый слой ультрадисперсного цинка (3 и 5 % соответственно). Установлено, что ультрадисперсный цинк, обладая свойственной реакцией окисления при воздействии влаги окружающей среды, позволяет обеспечить снижение коэффициента повреждаемости в результате напряженно-деформированного состояния покрытия, возникающего в слоях свыше 80 мкм по толщине.

Физическая модель комбинированного покрытия представлена на рисунке 6.

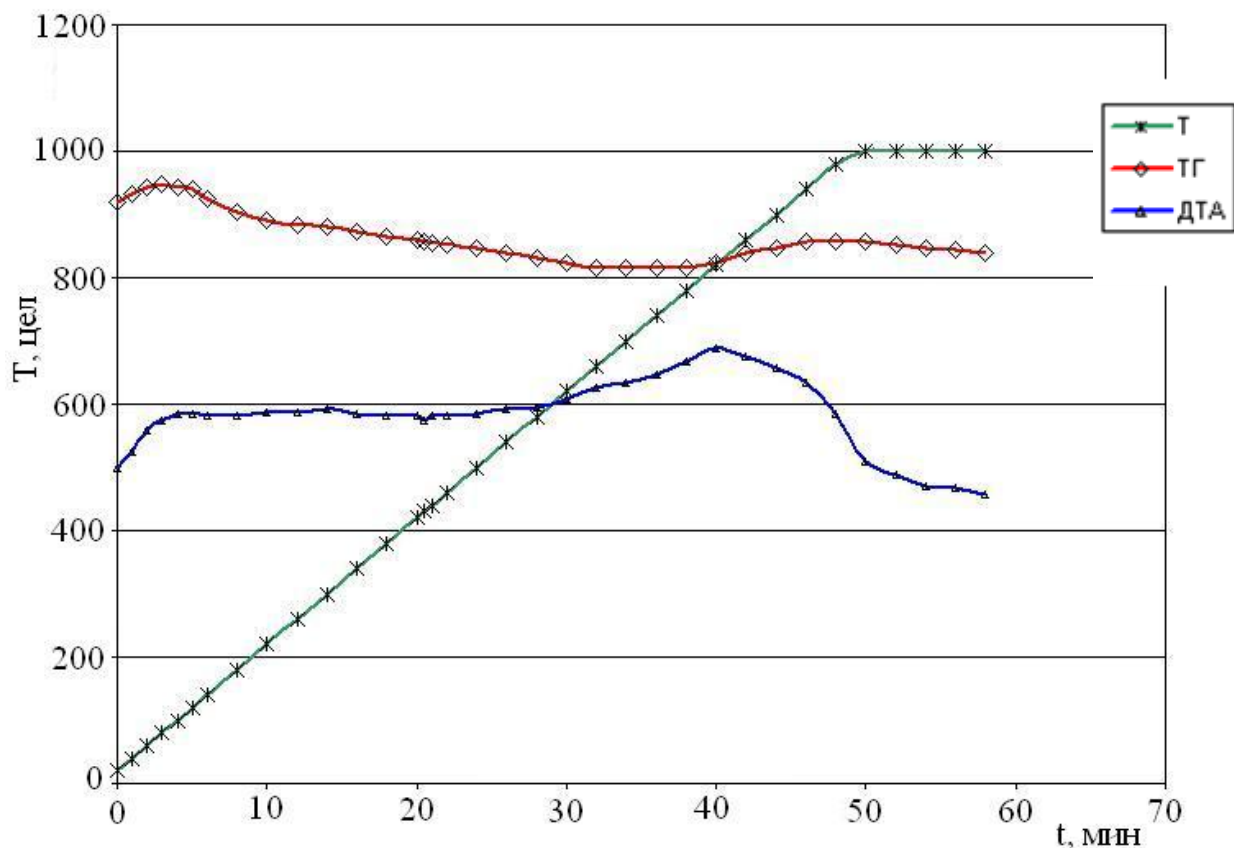


Рисунок 5 – Термогравиметрические и дифференциально-термические кривые исследования покрытий с ультрадисперсным цинком

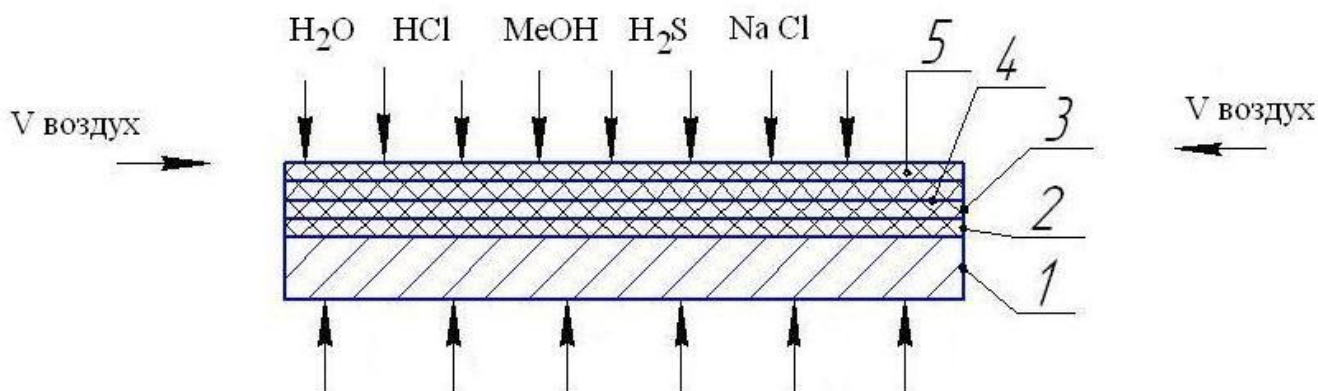


Рисунок 6 – Физическая модель: 1 – субстрат (сталь 09Г2С); 2,3 – элементарные слои кремнийсодержащей композиции; 4,5 – элементарные слои кремнийсодержащей композиции с добавлением мелкодисперсного цинка.

Последний (четвертый) слой покрытия принимает на себя воздействие влаги и испытывает физико-химические превращения, повышая прочность структурного слоя, а третий слой (3 м.ч. ультрадисперсного цинка) выполняет роль переходного к первым двум слоям, обеспечивающим адгезионные свойства термостойкого покрытия.

В четвертой главе разработана схема технологического процесса нанесения (рисунок 7) и представлены результаты исследований защитных свойств металлических покрытий на

неорганической основе получаемых электроосаждением из бесцианистых электролитов.

Представлены результаты обсуждения лабораторных исследований разработанных покрытий и определению качественных показателей осаждённых покрытий (рассеивающей способности составов, степени наводороживания металла), а также результаты ускоренных климатических испытаний с прогнозированием срока эксплуатации с гальвано- химических покрытий, полученными из бесцианистых электролитов.

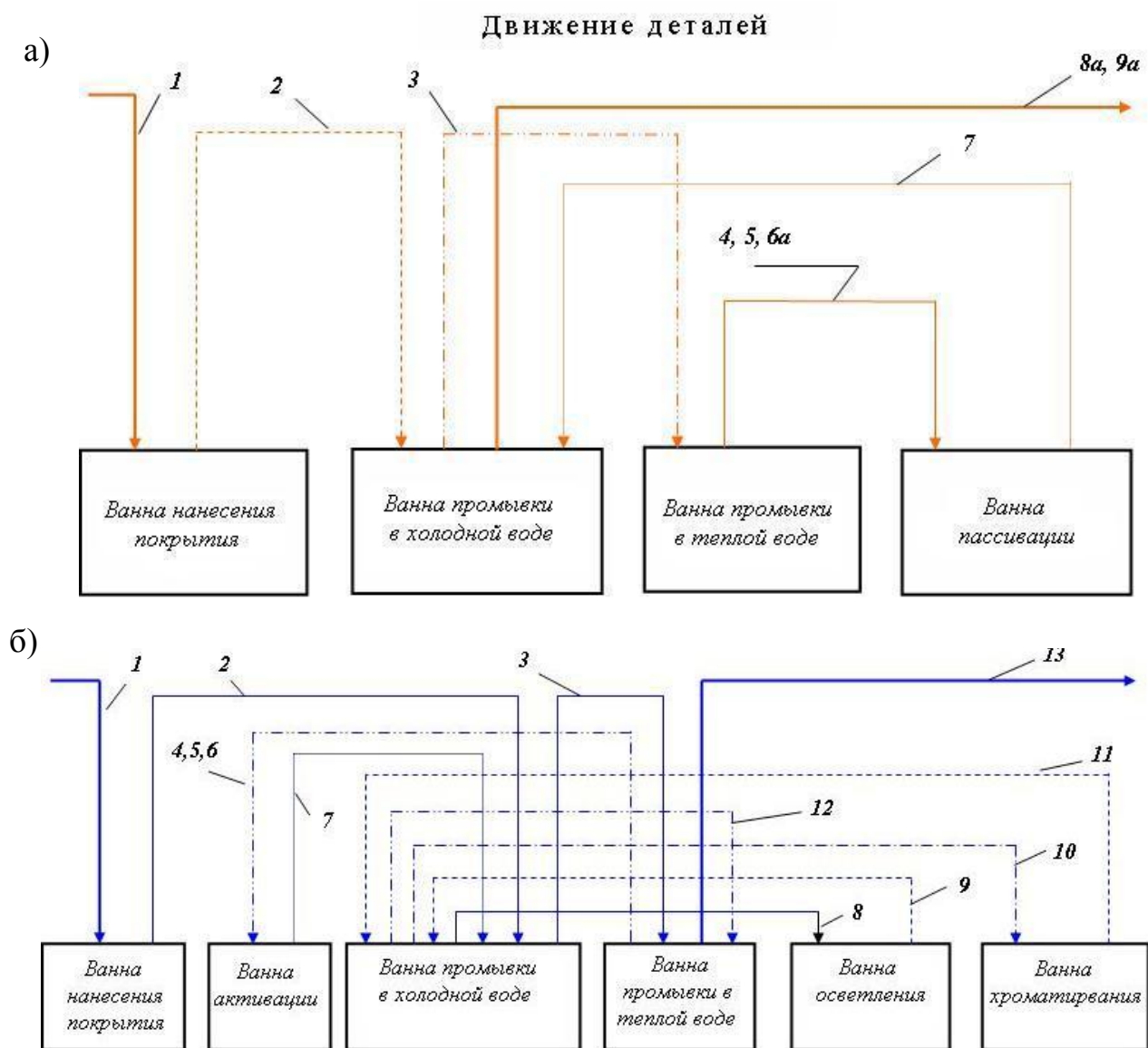


Рисунок 7 – Схема технологического процесса нанесения металлических покрытий:

а) меднение; б) кадмирование или цинкование.

Операции: 1 – нанесение покрытия; 2 – промывка в холодной воде; 3 – промывка в тёплой воде; 4 – сушка; 5 – термообработка; 6 – активация; 6а – пассивация; 7 – промывка в холодной воде; 8 – осветление; 8а – сушка; 9 – промывка в холодной воде; 9а – контроль; 10 – хромирование; 11 – промывка в холодной воде; 12 – промывка в тёплой воде; 13 – контроль.

Прогнозирование долговечности защитных покрытий было осуществлено методом ускоренных климатических испытаний (УКИ) образцов с гальванопокрытиями по специальной

разработанной программе-методике, основанной на температурно-временной аналогии, при этом достигнуты следующие цели испытаний:

- произведена экспертная оценка уровня климатической устойчивости гальванопокрытий;
- подтверждена коррозионная стойкость гальванопокрытий в течение заданных сроков службы;
- проведен сравнительный анализ коррозионной стойкости гальванопокрытий;
- имитированы ускоренными методами температурно-влажностные воздействия на гальванопокрытия при эксплуатации.

Проведенные исследования показали, что оптимальный выбор технологических режимов и блескообразующих добавок позволил получить электрохимические покрытия (рисунки 8 и 9) с задаваемым уровнем качественных показателей и их сохранности в прогнозируемые сроки эксплуатации.

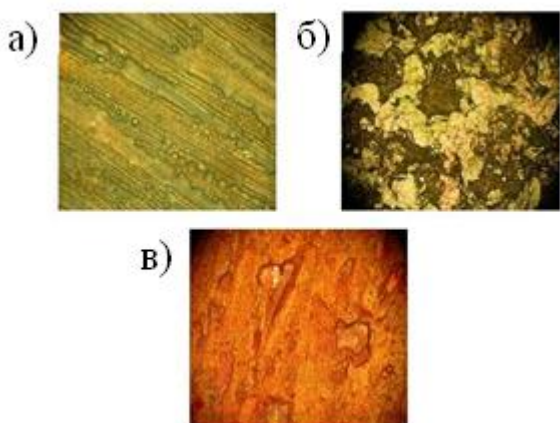


Рисунок 8 - Микроструктура поверхности покрытия (x 100): а) кадмиевого б) цинкового в) медного

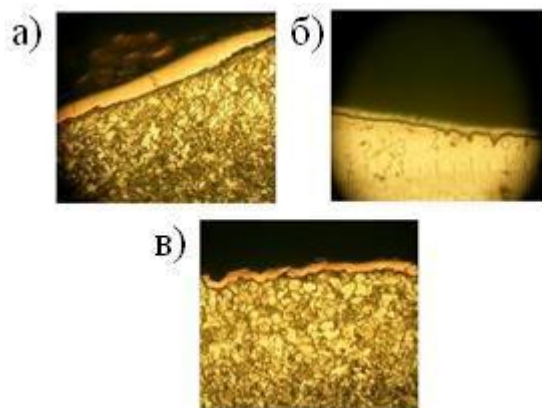


Рисунок 9 - Микроструктура поверхностной зоны покрытия (x100): а) кадмиевого б) цинкового в) медного

**В заключении** сформулированы основные результаты работы.

#### **Основные результаты и выводы**

1 Теоретически разработана и экспериментально подтверждена методологическая схема выбора и назначения термостойких коррозионно-защитных покрытий с задаваемым уровнем свойств в экстремальных условиях эксплуатации узлов и агрегатов, основанная на анализе структурных составляющих: материал (состав и структура покрытия) – технология – области применения – прогнозирование сроков эксплуатации.

2 Разработаны физико-механические и физико-химические критерии формирования покрытий на металлической (неорганической) и органической основе, определяемые

характером изменения при термоперепадах, фазовой устойчивостью металлоорганических композиций. Комплексное использование этих параметров позволяет спрогнозировать стабильность задаваемых свойств при долговременной эксплуатации.

3 Показаны отличия физического состояния покрытий на органической основе с точки зрения толщинометрии при имитации комплекса воздействующих факторов и определен критерий чувствительности. Разработана методика комплексных испытаний, включающая исследование адгезионных свойств, термической стабильности при термоперепадах, изучение процессов фазовых превращений для металлоорганических высоконаполненных композиций.

4 Разработаны технологические схемы формирования гальвано-химических защитных покрытий из бесцианистых электролитов. Показана роль влияния поверхностно-активных веществ на формирование структуры химических осадков (цинка, кадмия, меди) позволяющих достичь уровня из традиционно применяемых цианистых электролитов, но запрещенных для использования в машиностроении по экологическим аспектам.

5 Разработано кадмиевое покрытие на основе бесцианистых составов (Патент РФ №2302483 от 10.07.07) с введением комбинации ПАВ (АС-55А и АС-55В) по результатам комплексного исследования по схеме: выбор поверхностно-активных веществ – отработка параметров электролита – формирование покрытия на субстрате – исследование защитных свойств в термовлажностном режиме – установление ресурса.

**Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, в том числе рекомендованные ВАК для размещения материалов диссертации:**

1. Шайдурова, Г.И., Бесцианистые электролиты и гальванохимические покрытия на их основе / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев, В.Н. Тетенев // Экология и промышленность России. – 2005.– №11. – С.19–20.

2. Шайдурова, Г.И., Комплексные исследования бесцианистых электролитов и покрытий на их основе / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев, В.Н. Тетенев // Экология и промышленность России. – 2007.– №11. – С.39–41.

3. Шайдурова, Г.И., Комбинированные методы наружной защиты теплонапряженных поверхностей / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев, А.Г. Зобнина // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. –№5. – С.41-43.

4. Шайдурова, Г.И., Исследование возможности применения энергосберегающих технологий для антикоррозионной защиты промышленного оборудования / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев, С.Н. Кожевникова, П.М. Черенцев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2014. –№5. – С.43-45.

**Публикации в других изданиях:**

5. Шайдурова, Г.И., Экспериментальная установка для оценки термостойкости защитных

покрытий / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев // Промышленная окраска. – 2005. – №6. – С.36-37.

6. Шайдурова, Г.И., Совершенствование термовлагостойкого силиконового покрытия «Силтэк» / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев, Л.В. Лебедева // Технология машиностроения. – 2006. – №11. – С.50-51.

7. Шайдурова, Г.И., Дериватографическое исследование металлонаполненных термостойких покрытий на кремнийорганической основе / Г.И. Шайдурова, С.А. Лобковский, И.Л. Васильев // Промышленная окраска. – 2007. – №5. – С.42-43.

Научные статьи в сборниках и материалах конференции:

8. Шайдурова, Г.И., Протекторная защита конструкций из углеродистых сталей для экстремальных условий эксплуатации / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев // II конкурсная конференция молодых специалистов аэрокосмической и металлургической отраслей: Тезисы докладов. – г. Королев, 2003. –С. 44–45.

9. Шайдурова, Г.И., Результаты экспериментальных исследований термозащитных покрытий в условиях одностороннего нагрева / Г.И. Шайдурова, И.Л. Васильев // Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. Будущее машиностроения России. Сборник трудов – Москва, – МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2008. – С.132-133.

#### **Патенты:**

1. Патент РФ МПК С 25 D 3/26 Электролит кадмирования // Шатров В.Б., Шайдурова Г.И., Васильев И.Л., Дьякова Т.В., Тетенов В.Н. – Патент №2302483 от 10.07.07

2. Патент РФ МПК С 25 D 17/02 // Ванна для гальванических производств и способ ее изготовления // Шайдурова Г.И., Васильев И.Л., Васенина З.К. – Патент №2404295 от 20.11.10

3. Патент РФ МПК G01N25/58 //Способ определения величины деструкции теплозащитного покрытия в конструкциях. Шайдурова Г.И., Васильев И.Л. – Патент №2389010 от 10.05.10

Зав. РИО М. А. Салкова

Подписано в печать \_\_\_\_\_

Формат 60x84 1/16. Уч.-изд.л. 1. Тираж \_\_ Заказ \_\_\_\_.

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева (РГАТУ имени П. А. Соловьева)

Адрес редакции: 152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53

Отпечатано в множительной лаборатории РГАТУ имени П. А. Соловьева

152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53