

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ  
Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 08 октября 2015 г., № 17

О присуждении Чижову Игорю Александровичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование структуры и свойств цинковых покрытий с целью оценки их эксплуатационной надежности» по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении) принята к защите 26 июня 2015 г., протокол № 7 диссертационным советом Д 212.285.04 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Чижов Игорь Александрович, 1986 года рождения.

В 2009 году соискатель окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности «Коммерция (торговое дело)»; в 2012 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении); работает в должности менеджера управления нефтяного комплекса коммерческой дирекции филиала ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» в г. Первоуральске Свердловской области.

Диссертация выполнена на кафедре «Металловедение» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Березовская Вера Владимировна, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Металловедение», профессор.

Официальные оппоненты:

Гузанов Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург, кафедра металлургии, сварочного производства и методики профессионального обучения, заведующий кафедрой;

Иванов Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, кафедра металловедения, термической и лазерной обработки металлов, профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург – в своем положительном заключении, подписанном Савраем Романом Анатольевичем, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией конструкционного материаловедения, указала, что диссертационная работа Чижова И.А. представляет собой законченное исследование, имеющее важное значение для развития научных и методологических основ нанесения защитных цинковых покрытий. Выводы и практические рекомендации работы полезно учитывать при изготовлении, эксплуатации и ремонте резьбовых элементов насосно-компрессорных труб с использованием антикоррозионного цинкования. По актуальности задач, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов и обоснованности выводов работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Чижов Игорь Александрович, заслуживает



присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 13 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3.

Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 10 статей, опубликованных в сборниках материалов международных (8), российских (1) и межрегиональных (1) научных конференций. Общий объем публикаций – 4,34 п.л., авторский вклад – 2,59 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Чижов И.А. Влияние технологии цинкования муфт насосно-компрессорных труб в нефтедобывающей промышленности на структуру и свойства покрытий / И.А. Чижов, Е.А. Меркушкин, П.А. Пачколина, В.В. Березовская // Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (электронный журнал). – 2013. – № 4. – С. 8-29. DOI: [10.7463/0413.0559838](https://doi.org/10.7463/0413.0559838).

2. Чижов И.А. Оценка эксплуатационных свойств цинковых покрытий на муфтах насосно-компрессорных труб / И.А. Чижов, В.В. Березовская, А.В. Макаров, Ю.В. Худорожкова // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2013. – № 1. – С. 26-31.

3. Чижов И.А. Комплексный подход к оценке качества цинковых покрытий на муфтах насосно-компрессорных труб на основе исследования их структуры и свойств / И.А. Чижов, П.А. Пачколина // Металлург. – 2013. – № 11. – С. 94-98.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. Банных Олега Александровича, академика РАН, доктора технических наук, профессора, заведующего лабораторией конструкционных сталей и сплавов ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва. Вопросы: 1. Для каких регионов добычи нефти, с учетом Ваших рекомендаций, целесообразно использовать термодиффузионные покрытия? 2. Как можно использовать разработанную методику для сертификации и стандартизации трубной продукции с покрытиями?

2. Красикова Сергея Анатольевича, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией электротермии восстановительных процессов ФГБУН Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург. Замечание: основные результаты и выводы по работе требуют дополнительного пояснения относительно утверждения о независимости свойств покрытия от металлической основы.

3. Гущиной Натальи Викторовны, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории пучковых воздействий ФГБУН Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург. Без замечаний.

4. Иголкина Алексея Федоровича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой технологии металлов и металловедения, и Вологжаниной Светланы Антониновны, доктора технических наук, профессора кафедры технологии металлов и металловедения ФГАОУ ВО «Санкт-

Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург. Без замечаний.

5. Ковенского Ильи Моисеевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Материаловедение и технология конструкционных материалов» ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень. Без замечаний.

6. Караваевой Марины Владимировны, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Материаловедение и физика металлов» ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа. Замечание: нет рекомендаций по возможности использования сталей с покрытиями, отнесенными к каждой из пяти групп предложенной градации качества цинкового покрытия по значению комплексного показателя (стр. 10 автореферата).

7. Потехина Бориса Алексеевича, доктора технических наук, профессора кафедры технологии металлов ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург. Без замечаний.

8. Батаева Владимира Андреевича, доктора технических наук, профессора, зам. заведующего кафедрой материаловедения в машиностроении ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск. Без замечаний.



9. Береговского Владимира Васильевича, кандидата технических наук, зам. генерального директора – директора Института технологии поверхности и наноматериалов АО «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», г. Москва. Замечания: 1) в автореферате не приведены данные по оценке влияния технологии нанесения цинкового покрытия на свойства материала основы, в частности, для термодиффузионного метода формирования защитного слоя; 2) толщина исследуемых покрытий существенно отличается и не соответствует нормативным показателям, приведенным в таблице 3.1 автореферата; 3) в автореферате не приведены сведения о корреляционной зависимости свойств покрытий от их толщины.

10. Кузнецова Виктора Николаевича, директора ООО «Копейский завод изоляции труб», г. Копейск Челябинской обл. Замечание: не отражены экономические аспекты применения цинковых покрытий на изделиях нефтяного сортамента, а именно, стоимость услуг цинкования по разным технологиям нанесения.

11. Шилинского Александра Анатольевича, главного специалиста-руководителя контракта «Трубная продукция» ООО «ТМС-ТрубопроводСервис», г. Альметьевск (Республика Татарстан). Замечание: в автореферате не приведены составы ванн при горячем и гальваническом цинковании. Вопрос: применялась ли резьбоуплотнительная смазка при

испытаниях на износостойкость по заводской методике, состоящей из 30-ти кратного «свинчивания-развинчивания» муфт.

12. Маркова Дениса Алексеевича, генерального директора ООО «Трубопромышленная компания», г. Екатеринбург. Без замечаний.

13. Юферова Константина Анатольевича, генерального директора ЗАО «Удмуртская промышленная компания», г. Ижевск (Удмуртская Республика). Без замечаний.

14. Киреева Алексея Николаевича, директора ЗАО «Друза», г. Оренбург. Замечание: в автореферате отсутствует описание выявленных недостатков в существующих подходах к оценке качества цинковых покрытий.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и широкой известностью своими достижениями в области защитных и упрочняющих покрытий, наличием публикаций, связанных с исследованием структуры и свойств покрытий разной природы и технологии нанесения с целью повышения твердости, износостойкости и других функциональных свойств сталей, используемых для изделий машиностроения.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**показано**, что фазовый состав слоев горячего цинкового (ГЦ) покрытия в основном соответствует диаграмме состояния Fe-Zn, но имеет некоторые отличия: в покрытии не наблюдается фаза  $\Gamma_1$ , но отмечается область гомогенности, предположительно, промежуточной  $\eta$ -фазы;



по результатам рентгеноструктурного фазового анализа гальванических (ГВЦ) и термодиффузионных цинковых (ТДЦ) покрытий **определено**, что они отличаются фазовым составом: ТДЦ покрытие содержит  $\Gamma$ -фазу, имеющую сложную кубическую решетку, и  $\delta_1$ -фазу с гексагональной кристаллической решеткой, а также оксиды цинка ZnO. ГВЦ покрытие состоит из цинка, частично в окисленном виде;

**установлена** причина высокой адгезионной износостойкости ТДЦ покрытия, имеющего минимальные значения приведенного весового износа и коэффициента трения, связанная с присутствием в поверхностных слоях покрытия, помимо оксидов цинка, выполняющих роль смазки, твердой  $\delta_1$ -фазы;

**объяснена** низкая стойкость к питтинговой коррозии ГЦ покрытия присутствием на его поверхности фаз Zn,  $\eta$  и  $\zeta$  разного химического состава и электрохимических свойств, а также отсутствием оксидов цинка;

**разработана** методика комплексной оценки качества цинковых покрытий и предложена шкала градации их свойств, согласно которой ТДЦ покрытие следует отнести к покрытиям с повышенной эксплуатационной надежностью и рекомендовать для осложненных адгезионным и коррозионным факторами условий добычи нефти;

**разработаны** рекомендации по повышению эксплуатационной надежности цинковых покрытий путем дополнительного окисления поверхности покрытия после его нанесения, заключающиеся в

дополнительном оксидировании поверхности ТДЦ покрытий и обязательном пассивировании ГВЦ покрытий, что повышает их адгезионную износостойкость и коррозионные свойства.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**выявлено** наличие оксидов на поверхности термодиффузионного и гальванического покрытий и их положительное влияние на трибологические и коррозионные свойства. На основе исследования состава и структуры ГЦ-покрытия с использованием растровой микроскопии высокого разрешения и РСФА высказано предположение о возможности эвтектического превращения в системе Fe-Zn с образованием эвтектики  $\eta$ +Zn;

**установлена** взаимосвязь слоистого строения цинковых покрытий с адгезионной износостойкостью, при которой существенную роль играют поверхностные окислы, препятствующие адгезионному взаимодействию контактирующих поверхностей на начальных стадиях износа ( $L=40-120$  м) ГВЦ и ТДЦ покрытий, в то время как на поверхности ГЦ покрытия в значительной степени развиваются процессы схватывания мягкой эвтектики ( $\eta$ +Zn) с материалом контртела, негативную роль играет также выкрашивание хрупкой  $\zeta$ -фазы. Дальнейшее увеличение пути трения ( $L=120-200$  м) приводит к износу оксидных слоев на ГВЦ и ТДЦ покрытиях, включению в процесс соответственно Zn и  $\delta_1$ -фазы и, как следствие, к ускорению износа в первом случае и замедлению во втором. В процесс изнашивания ГЦ покрытия включаются твердые слои  $\delta_1$  и Г-фаз, и износ, как

и у ТДЦ покрытия замедляется. Последующее увеличение пути трения ( $L=200-240$  м) приводит к постепенному сближению приведенного износа разных покрытий, так как начинает проявляться влияние металла основы; на основе исследования структуры и свойств (толщина, равномерность, износостойкость, питтингостойкость, твердость, адгезия и пористость) цинковых покрытий разной технологии нанесения **предложено** уравнение комплексного показателя качества как основного критерия их эксплуатационной надежности.

**Значение для практики полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что:**

**показана** целесообразность использования цинковых покрытий той или иной технологии нанесения в условиях преобладающего воздействия: гальванического – коррозии, термодиффузионного – износа, в то время как горячие цинковые покрытия эффективны в коррозионной среде слабой агрессивности без фактора износа;

**разработаны** рекомендации по использованию дополнительной операции оксидирования муфт НКТ путем повышения давления воздуха в печи до 50 кПа на завершающей стадии охлаждения деталей после нанесения ТДЦ покрытия, что позволило повысить износостойкость покрытия в 1,5 раза, что подтверждено актом внедрения;

разработанная методика расчета комплексного показателя качества цинковых покрытий и предложенная шкала их классификации



**рекомендованы** к использованию при сертификации и стандартизации трубной продукции с покрытиями любой технологии нанесения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила**, что результаты исследования структуры и свойств цинковых покрытий для определения их эксплуатационной надежности **получены** в результате изучения литературных данных по тематике работы, применения современных взаимодополняющих методов исследования и проявленной эрудиции в анализе полученных результатов, а также проверки предложенных рекомендаций в производственных условиях; **использованы** сравнения авторских данных и данных, представленных в литературе по фазовой диаграмме Fe-Zn; **установлено**, что результаты автора не противоречат этим данным и обоснованно их дополняют.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке цели исследования и разработке методики комплексной оценки эксплуатационной надежности цинковых покрытий разной технологии нанесения; проведении испытаний твердости и износостойкости покрытий в производственных условиях, исследовании их толщины и пористости; выполнении расчетов комплексного показателя качества покрытий и анализе полученных результатов; написании статей и подготовке докладов. Автором организовано промышленное апробирование разработанных рекомендаций по повышению свойств термодиффузионных цинковых покрытий на предприятии ОАО «Первоуральский новотрубный завод».

На заседании 08.10.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Чижову И.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета

Попов Артемий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Мальцева Людмила Алексеевна

08.10.2015 г.

