

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

ФГАОУ ВО «УрФУ»

Президента России

Германенко Александр Викторович

" 04 " сентября 2020 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений высокопрочных толстостенных прямошовных труб большого диаметра» выполнена на кафедре «Технология сварочного производства» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина».

В период подготовки диссертации соискатель Худяков Артем Олегович обучался в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (с 09.2012 г. по 06.2015 г.); был прикреплен для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» по специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» (с 07.2018 г. по настоящее время); работал в ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ») в должности инженера (с 04. 2012 г. по 02.2013), в должности начальника участка сварки (с 02.2013 по 05.2017), в должности заведующего лабораторией прочности и сварки труб (с 05.2017 по 11.2017); работал в ООО «БашНИПИнефть» в должности ведущего специалиста (с 11.2017 по 01.2019), в должности главного специалиста (с 01.2019 по настоящее время).

В 2012 г. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский

университет) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2017 г. Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология сварочного производства» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» Коробов Юрий Станиславович.

### Выписка из протокола № 5

научного семинара кафедры «Технология сварочного производства»  
Института новых материалов и технологий  
от 28 августа 2020 г.

#### **Присутствовали:**

- члены кафедры:

Шалимов Михаил Петрович, заведующий кафедрой, профессор, доктор технических наук; Коробов Юрий Станиславович, профессор, доктор технических наук; Шанчуров Сергей Михайлович, профессор, доктор технических наук; Разиков Никита Михайлович, доцент, кандидат технических наук; Давыдов Юрий Сергеевич, доцент, кандидат технических наук; Табатчиков Александр Семенович, доцент, кандидат технических наук; Бузорина Дарья Сергеевна, старший преподаватель, кандидат технических наук; Панов Виктор Иванович, доцент, кандидат технических наук; Фивейский Андрей Михайлович, доцент, кандидат технических наук; Вотина Екатерина Борисовна, доцент, кандидат технических наук; Матушкин Анатолий Владимирович, старший преподаватель, кандидат технических наук;

- приглашённые: Шумяков Валентин Иванович, кандидат технических наук.

**Слушали:** доклад Худякова Артема Олеговича, соискателя ФГАОУ ВО «УрФУ», по выполненной им диссертационной работе «Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений высокопрочных толстостенных прямошовных труб большого диаметра», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Продолжительность выступления Худякова А.О. – 24 минуты.

По окончании выступления Худякову А.О. были заданы в устной форме 11 вопросов, на которые он дал аргументированные ответы.

## Вопросы:

- Табатчиков Александр Семенович:

1. Как вы объясняете снижение ударной вязкости области перегрева при легировании основного металла молибденом и ванадием?

- Доцент, кандидат технических наук, Разиков Никита Михайлович:

1. Титан обладает меньшим сродством к углероду, чем ванадий?

- Кандидат технических наук, Шумяков Валентин Иванович:

1. На снижение вязкопластических свойств влияет феррит, каков механизм влияния? Может быть связано с молибденом или бором? Смотрели ли фрактографию?

- Доцент, кандидат технических наук Давыдов Юрий Сергеевич:

1. Скорость охлаждения будет разной на разных участках ЗТВ - это очевидно. О чем речь?

2. На каком расстоянии между собой располагаются дуги? Можно ли считать, что они образуют одну общую сварочную ванну, и их энергии складываются?

- Доцент, кандидат технических наук, Разиков Никита Михайлович:

1. Позволяют ли установки обеспечить необходимую скорость подачи проволоки при сварочном токе 1100 А для проволоки диаметром 2,4 мм?

- Профессор, заведующий кафедрой, доктор технических наук Шалимов Михаил Петрович:

1. При применении рекомендуемой технологии сварки меняется ли скорость сварки? Как меняется погонная энергия сварки?

2. Рекомендуемый химический состав стали имеет очень маленькие диапазоны содержания химических элементов. Обеспечивается такая точность при производстве стали? Потребуется ли такая точность изменения технологического процесса производства стали?

3. Рекомендуемое содержание химических элементов измеряется тысячными процента. Обеспечивается ли это при производстве стали? Каким методом анализа химического состава стали можно определить содержание элементов с такой точностью?

4. Какой способ производства стали?

5. Величина перекрытия внутреннего и наружного швов составляет 3 мм. Будет ли такое соединение обеспечивать требуемую прочность.

С положительной оценкой диссертационной работы выступили:

- доцент, кандидат технических наук Фивейский Андрей Михайлович (*рецензент*) отметил, что вопрос обеспечения механических и коррозионных свойств сварных соединений высокопрочных электросварных прямошовных труб, освещенный в данной работе, является актуальным для трубной отрасли.

Исследования, выполненные в работе, достаточны для предоставления работы к защите. Работа связана с трубной отраслью, поэтому рекомендуется назначить ведущую организацию и официальных опонентов из этой отрасли.

- Доцент, кандидат технических наук Давыдов Юрий Сергеевич (*рецензент*) отметил актуальность освещенного в диссертации вопроса, а созданная автором модель распространения тепла при многодуговой сварке продольного шва труб большого диаметра является значимой для управления параметрами режима сварки и представляет большой интерес для исследователей в области моделирования тепловых процессов при сварке.

- Кандидат технических наук, Шумяков Валентин Иванович (*рецензент*) обозначил актуальность и практическую значимость диссертационной работы, также отметил, что выполнен большой объем исследований и на основании выполненных исследований разработан алгоритм управления режимами многодуговой сварки труб большого диаметра.

- профессор, доктор технических наук, Коробов Юрий Станиславович: Оцениваю Худякова А.О., как сформировавшегося научного сотрудника. Он методически верно проводит исследования, освоил набор методик, достаточных для оценки сварных соединений, знает специфику трубных сталей. В работе выполнен большой объем исследований, исследовано 15 марок стали. После предварительного обсуждения на кафедре Худяковым А.О. заново разработана глава по математическому описанию распространения тепла при многодуговой сварке на основе конечно-элементной модели. Артем упорно трудился, показал компетенции в нескольких смежных областях. Полагаю, кафедра не ошибется, если выпустит его на дальнейший процесс прохождения защиты.

По результатам рассмотрения диссертации «Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений высокопрочных толстостенных прямошовных труб большого диаметра» сделано **заключение:**

Работа посвящена актуальной для трубной отрасли проблеме обеспечения качества сварных соединений высокопрочных прямошовных труб большого диаметра (ТБД), а именно высоких вязкопластических и коррозионных свойств.

Определен рекомендуемый диапазон скоростей охлаждения в области перегрева зоны термического влияния (ЗТВ), в котором обеспечиваются требуемый уровень вязкопластических свойств и стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением при выполнении продольного сварного шва ТБД. Разработана конечно-элементная модель распространения тепла при многодуговой сварке ТБД, которая позволяет оценивать геометрические параметры сварного шва и скорость охлаждения в любой точке сварного соединения. Разработаны рекомендации, позволяющие обеспечивать скорость охлаждения сварного соединения в рекомендуемом

диапазоне скоростей охлаждения. Выполненные автором исследования и разработанные рекомендации представляют большую практическую значимость для производителей труб, а разработанная конечно-элементная модель представляет большой интерес для исследователей в области моделирования тепловых процессов при сварке.

Диссертационная работа является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи, имеющей значение для теории и практики.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в получении исходных данных, в проведении научных экспериментов, разработке математической модели, статистической обработке экспериментальных данных, формулировании выводов, рекомендаций и заключения по работе, участии в подготовке публикаций по выполненной работе.

**Степень достоверности полученных результатов** подтверждается применением современных методов исследования, а также удовлетворительным совпадением теоретических и экспериментальных значений геометрических размеров швов и сварочной ванны.

Все виды механических, коррозионных испытаний и металлографических исследований были выполнены в Испытательной лаборатории ОАО «РосНИТИ», аккредитованной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и имеющей признание Российского Морского Регистра Судоходства.

Положения и выводы по работе не противоречат известным научным представлениям и результатам.

#### **Ценность научных работ соискателя:**

- Установлен диапазон содержания микролегирующих элементов титана и бора, обеспечивающих максимальный уровень критического раскрытия в вершине трещины металла продольных сварных швов высокопрочных ТБД;

- Установлено влияние микролегирующих элементов на вязкопластические свойства участка перегрева ЗТВ сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД;

- Определены целевые диапазоны скоростей охлаждения на участке перегрева ЗТВ, обеспечивающие высокие значения критического раскрытия в вершине трещины и стойкость к СКРН сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД;

- Разработана конечно-элементная модель распространения тепла при многодуговой сварке, позволяющая определять геометрические параметры сварного шва и скорости охлаждения в различных точках ЗТВ с высокой точностью;

- Разработана методика расчета режимов многодуговой сварки, обеспечивающих качество и надежность сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД на основе результатов выполненных экспериментальных и теоретических исследований.

**Новизна и практическая значимость работы:**

- Разработаны рекомендации по применению сочетаний марок сварочных проволок при автоматической многодуговой сварке под флюсом высокопрочных ТБД, для обеспечения высоких значений ударной вязкости и критического раскрытия в вершине трещины металла шва;

- Разработаны рекомендации по улучшению химического состава стали класса прочности К60, обеспечивающего высокие значения ударной вязкости на участке перегрева ЗТВ сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД;

- Разработана математическая модель автоматической многодуговой сварки под флюсом с численным решением в программном продукте «SYS-WELD», позволяющая аналитически оценивать геометрические параметры сварного шва, оценивать скорость охлаждения на участке перегрева ЗТВ и оперативно решать инженерные задачи при разработке новых и оптимизации существующих режимов сварки ТБД;

- Разработана технология автоматической многодуговой сварки под флюсом сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД с пониженным на 15-30% тепловложением. Разработанная технология сварки обеспечивает высокий уровень ударной вязкости, критического раскрытия в вершине трещины и стойкости к СКРН сварных соединений высокопрочных прямошовных ТБД на участке перегрева ЗТВ;

На основе разработанных технических решений откорректирована нормативно-техническая документация АО «Волжский трубный завод» (АО «ВТЗ»), регламентирующая требования к производству листового проката и ТБД;

Результаты работы используются в учебном процессе по профессиональной переподготовке специалистов трубоэлектросварочного цеха АО «ВТЗ» по специализации «трубное производство»

**Соответствие диссертации научной специальности и отрасли науки:**

Диссертационная работа «Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений высокопрочных толстостенных прямошовных труб большого диаметра» Худякова Артема Олеговича соответствует научной специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» и отрасли наук – технические науки.

**Основные публикации, в которых отражены результаты диссертационной работы:**

1. Худяков А.О. Влияние химического состава основного металла на вязкие свойства зоны термического влияния электросварных труб большого диаметра / А.О. Худяков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Metallургия. 2014. – Т.14. – №3. – С. 55-61. (ВАК, РИНЦ)

2. Худяков А.О. Обеспечение трещиностойкости сварных соединений толстостенных труб большого диаметра класса прочности К60, К65 / А.О. Худяков, П.А. Данилкин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Metallургия. 2015. – Т.15. – №1. – С. 96-102. (ВАК, РИНЦ)

3. Пышминцев И.Ю. Освоение производства труб большого диаметра с повышенной деформационной способностью / И.Ю. Пышминцев, А.О. Струин, А.М. Гервасьев, Е.Р. Струина, А.О. Худяков, В.В. Микуров, П.А. Стеканов, А.В. Мозговой // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Metallургия. 2016. – Т.16. – №1. – С. 82-90. (ВАК, РИНЦ)

4. Худяков А.О. Легирование металла продольного сварного шва при производстве высокопрочных труб большого диаметра / А.О. Худяков, П.А. Данилкин, С.И. Ярославцев, М.А. Иванов // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2016. – №1. – С. 43-47. (ВАК, РИНЦ)

5. Худяков А.О. Изучение свариваемости трубной стали группы прочности Х65QS в сероводородостойком исполнении / А.О. Худяков, Ю.С. Коробов, П.А. Данилкин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета "Машиностроение, материаловедение". 2019. – Т. 21. – № 2. – С. 5-14. (ВАК, РИНЦ)

6. Khudyakov A.O. Providing resistance to sulfide stress corrosion cracking of pipelines welded joints by selection of welding parameters / A.O. Khudyakov, P.A. Danilkin // E3S Web of Conferences – corrosion in oil & gas industry 2019, Vol. 121: 04005 – Saint Petersburg, Russia, 2019. (Scopus)

7. Khudyakov A.O. Finite element modeling of multiple electrode submerged arc welding of large diameter pipes / A.O. Khudyakov, Yu. Korobov, P.A. Danilkin, V. Kvashnin // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 681: 012025, – Tomsk, Russia, 2019. (Scopus)

**Патенты:**

8. Пат. RU 2612109 С2 Российская Федерация, МПК. Стальной лист и его применение для трубы магистрального трубопровода / Пумпянский Д.А., Рашников В.Ф., Пышминцев И.Ю., Трутнев Н.В., Щуров Г.В., Струин А.О., Гервасьев А.М., Худяков А.О. - опубл. 02.03.2017 Бюл. № 7.

9. Пат. RU 2640685 С1 Российская Федерация, МПК. Способ изготовления стального листа для труб с повышенной деформационной способностью / Пумпянский Д.А., Рашников В.Ф., Пышминцев И.Ю., Трутнев Н.В., Щуров Г.В., Струин А.О., Гервасьев А.М., Худяков А.О - опубл. 11.01.2018 Бюл. № 2.

10. Пат. RU 2656189 С1 Российская Федерация, МПК. Труба с повышенной деформационной способностью и высокой вязкостью сварного соединения и способ ее изготовления способностью / Пумпянский Д.А., Рашников В.Ф., Пышминцев И.Ю., Трутнев Н.В., Щуров Г.В., Струин А.О., Гервасьев А.М., Худяков А.О - опубл. 31.05.2018 Бюл. № 16.

**Прочие научные публикации по теме диссертации:**

11. Пышминцев И.Ю. Изучение влияния термического цикла сварки на свойства основного металла труб К65 на комплексе Gleeble 3800 / И.Ю. Пышминцев, В.В. Вятчинников, А.В. Мозговой. А.О. Худяков, П.А. Данилкин, С.В. Рушиц, А.М. Ахмедьянов // Трубы-2014. Труды международной научно-практической конференции. ОАО "РосНИТИ". Ч. 2. – Челябинск, 2014. – С. 235-241.

12. Худяков А.О. Обеспечение высокой трещиностойкости сварных соединений толстостенных труб большого диаметра класса прочности К60, К65 / А.О. Худяков, П.А. Данилкин, В.В. Вятчинников, А.В. Мозговой // Трубы-2014. Труды международной научно-практической конференции. ОАО "РосНИТИ". Ч. 2. – Челябинск, 2014. – С. 105-113.

13. Худяков А.О. Влияние параметров режима автоматической многодуговой сварки под слоем флюса на глубину проплавления / А.О. Худяков, П.А. Данилкин, С.И. Ярославцев, М.А. Иванов // Сборник докладов Международного форума «Сварка и диагностика». – Екатеринбург, 2016. – С. 40 -45.

14. Худяков А.О. Определение коэффициентов расплавления при автоматической сварке под слоем флюса на постоянном токе обратной полярности (DC+) и на переменном токе (AC) / А.О. Худяков, П.А. Данилкин, С.И. Яро-славцев, М.А. Иванов // Сборник докладов Международного форума «Сварка и диагностика». – Екатеринбург, 2016. – С. 46 -51.

15. Худяков А.О. Анализ причин и характера разрушения трубопровода транспортирующего попутный нефтяной газ в начальный период эксплуатации / А.О. Худяков, И.В. Костицына, И.М. Хуснуллин // Трубы-2018. Труды международной научно-практической конференции. ОАО "РосНИТИ". – Челябинск, 2018. – С. 121-127.

16. Khudyakov A.O. Finite element analysis of heat distribution for multiple-electrode submerged arc welding of high-strength pipe steels / A.O. Khudyakov, Yu.S. Korobov, P.A. Danilkin, V.D. Kvashnin // 13th Int. Conf. on the



Mechanical Behaviour of Materials (ICM-13). – Melbourne, Australia, 2019. – P.190 – 197.

Диссертация «Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений высокопрочных толстостенных прямошовных труб большого диаметра» Худякова Артема Олеговича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии.

В голосовании приняли участие 12 человек. Результаты голосования: за – 12 чел., против – нет, воздержалось – нет.

Шалимов Михаил Петрович,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технология  
сварочного производства» УрФУ

---

Бузорина Дарья Сергеевна,  
секретарь, старший преподаватель кафедры  
«Технология сварочного производства» УрФУ