

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ. 11
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.09.2025 № 8

О присуждении **Красникову Антону Андреевичу**, гражданину Кыргызской Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование метода ультразвуковой обработки сварных соединений магистральных трубопроводов для снижения остаточных сварочных напряжений» по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» принята к защите 14.07.2025, протокол заседания № 4, диссертационным советом ГУ. 11 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 03.07.2023 № 1024 адм., с изменениями от 31.08.2023 № 1193 адм., от 05.09.2023 № 1227 адм., от 03.06.2025 № 676 адм.

Соискатель, **Красников Антон Андреевич**, 15 ноября 1997 года рождения, в 2021 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело.

С 01.10.2021 г. по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры транспорта и хранения нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре транспорта и хранения нефти и газа и в научном центре «Арктика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, **Паласа Александр Григорьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра транспорта и хранения нефти и газа, доцент кафедры.

Официальные оппоненты:

Каравайченко Михаил Георгиевич – доктор технических наук, доцент, открытое акционерное общество «Уфимский завод нефтяного машиностроения», генеральный директор;

Игнатик Анатолий Александрович – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ухтинский государственный технический университет», кафедра проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов», доцент кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном **Ганиным Сергеем Владимировичем**, кандидатом технических наук, доцентом, директором Высшей школы физики и технологии материалов Института машиностроения, материалов и транспорта, председателем заседания, **Богомоловой Еленой Валентиновной**, ведущим инженером учебной лаборатории «Материаловедение и технологии материалов», секретарем заседания и утвержденном **Пашоликовым Максимом Александровичем**, проректором по информационной, молодежной политике и безопасности, указала, что результатом диссертации **Красникова Антона Андреевича** состоит в том, что соискателем установлен эффект измельчения микроструктуры сварного шва и увеличения ударной вязкости сварного соединения под влиянием ультразвуковой ударной обработки внутренней поверхности сварного соединения труб, а результаты работы, технология и устройства для ультразвуковой ударной обработки рекомендуются для внедрения и использования на объектах строительства магистральных трубопроводов, при сварке трубных сталей повышенной и высокой прочности, склонных к появлению холодных трещин под воздействием водорода и остаточных напряжений, включая ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», а также на предприятиях химической и энергетической отрасли.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в

международную базу данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент и поданы 2 заявки на патент на изобретение.

Общий объем – 2,69 печатных листов, в том числе 1,4 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Палаев А.Г., **Красников А.А.** Анализ причин возникновения остаточных сварочных напряжений и методов их выявления и снижения // Территория «НЕФТЕГАЗ». - 2023. - № 11–12. - С. 72–84. (ВАК, № 2585 ред. 19.12.2023).

Соискателем проведены исследования, направленные на анализ причин возникновения остаточных сварочных напряжений, а также методов их выявления и снижения. Установлено, что эффективным методом выявления остаточных напряжений является метод, основанный на магнитно-анизотропном эффекте, а эффективным способом их снижения является ультразвуковая ударная обработка.

2. Палаев А.Г., Николаев А.К., Духневич Л.Н., **Красников А.А.** Исследование снижения остаточных сварочных напряжений в результате ультразвуковой обработки сварного соединения на частоте 20, 37 и 44 кГц // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2023. – Т. 13, № 6. – С. 530-538. (ВАК, №1763 ред. 19.12.2023).

Соискателем проведены экспериментальные исследования, направленные на определение эффективной частоты ультразвуковой ударной обработки (УЗУО) для снижения остаточных сварочных напряжений (ОСН). Установлено, что максимальное снижение ОСН получено при УЗУО на частоте 20 кГц.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

3. Palaev A.G., Nosov V.V., **Krasnikov A.A.** Simulating distribution of temperature fields and stresses in welded joint using ANSYS. Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation. 2022. Vol. 12, No. 5. PP. 461–469. – DOI: 10.28999/2541-9595-2022-12-5-461-469 (ВАК-МБД (Scopus, WoS (ESCI) № 787 ред. 12.04.2022)

Палаев А.Г., Носов В.В., **Красников А.А.** Моделирование распределения температурных полей и напряжений в сварном соединении с применением ANSYS / А.Г. Палаев, В.В. Носов, А.А. Красников // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2022. -

Т. 12, № 5. - С. 461–469 (Scopus, WoS (ESCI) № 787 ред. 12.04.2022)

Соискателем выполнено исследование, направленное на создание численной модели в программе ANSYS для моделирования процесса распределения остаточных сварочных напряжений в сварном соединении. Установлено, что разработанная численная модель имеет удовлетворительную сходимость (расхождение расчетных и экспериментальных значений $\sigma_{p \max} \leq 10 \%$), что свидетельствует о правомочности предложенной расчетной модели.

4. Palaev A.G., **Krasnikov A.A.** Ultrasonic Treatment of Welded Joint from External, Internal and Two Sides on Reduction of Residual Welding Stresses // International Journal of Engineering, TRANSACTIONS B: Applications. – 2024. – Vol. 37, Issue 11. – pp. 2171-2180. - DOI: 10.5829/ije.2024.37.11b.04

Палаев А.Г., **Красников А.А.** Ультразвуковая обработка сварного соединения с внешней, внутренней и двух сторон для снижения остаточных сварочных напряжений // Международный инженерный журнал. – 2024. – Т. 37, № 11. – С. 2171-2180. - DOI: 10.5829/ije.2024.37.11b.04

Соискателем выполнены экспериментальные исследования, направленные на определение степени снижения остаточных сварочных напряжений при ультразвуковой ударной обработке с внешней, внутренней и двух поверхностей. Установлено, что максимальное снижение остаточных сварочных напряжений (на 39%) происходит при ультразвуковой ударной обработке внутренней поверхности.

Публикации в прочих изданиях:

5. Палаев А.Г., **Красников А.А.** Исследование снижения остаточных сварочных напряжений в результате ультразвуковой обработки сварного соединения на частоте 20 кГц, 37 кГц и 44 кГц // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 15–21 мая 2022 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 196-197.

Соискателем выполнены экспериментальные исследования, направленные на определение оптимальной частоты ультразвуковой ударной обработки для снижения остаточных напряжений кольцевых сварных соединений. Установлено, что оптимальная частота ультразвуковой ударной обработки - частота 20 кГц.

6. Палаев А.Г., **Красников А.А.** Обоснование метода повышения надежности магистральных трубопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего севера с применением ультразвуковой обработки сварных соединений // Трубопроводный транспорт – 2024 : Материалы IX

Международной научно-практической конференции, приуроченной к 95-летию со дня рождения профессора В.Ф. Новоселова и к 15-летию со дня образования ООО "НИИ Транснефть", Уфа, 20-22 ноября 2024. – Уфа: УНПЦ "Издательство УГНТУ", 2024. - Том 2. – С. 207-209.

Соискателем выполнены исследования, направленные на обоснование метода ультразвуковой ударной обработки для снижения остаточных напряжений в магистральных трубопроводах.

7. Красников А.А. Ультразвуковая обработка сварного соединения с внешней, внутренней и с двух сторон, на снижение остаточных сварочных напряжений // XVII Всероссийская конференция «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых», Пермь, 5-8 ноября 2024 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. – Т. 1 - С. 96 – 99.

Соискателем выполнены экспериментальные исследования, направленные на изучение влияния ультразвуковой обработки на снижение остаточных сварочных напряжений. Установлено, что максимальное снижение растягивающих напряжений наблюдается при ультразвуковой ударной обработке внутренней поверхности сварного соединения.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

8. Патент № 2805006 Российская Федерация, МПК В23R 9/02 (2006.01); СПК В23К 9/02 (2023.08). Устройство для снижения остаточных напряжений. Заявка № 2023116690: заявл. 26.06.2023; опубл. 10.10.2023 / А.Г. Палаев, **А.А. Красников**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – 11 с.

Соискателем разработана конструкция ультразвукового ударного устройства для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности кольцевых сварных соединений сооружённых магистральных нефтепроводов, перемещаемого за счёт потока перекачиваемой жидкости.

9. Заявка на патент на изобретение № 2024138241 Российская Федерация. Устройство для ультразвуковой обработки сварных соединений с внутренней стороны магистральных трубопроводов методом протаскивания. Заявл. 18.12.2024 / А.Г. Палаев, **А.А. Красников**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 7с.

Соискателем разработана конструкция ультразвукового ударного устройства для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности кольцевых сварных соединений строящегося трубопровода,

перемещаемого методом протаскивания с помощью троса.

10. Заявка на патент на изобретение № 2024138234 Российская Федерация. Самоходное устройство для ультразвуковой обработки сварных соединений с внутренней стороны магистральных трубопроводов. Заявл. 18.12.2024 / А.Г. Палаев, **А.А. Красников**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 7с.

Соискателем разработана конструкция самоходного ультразвукового ударного устройства для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности кольцевых сварных соединений сооружаемого трубопровода.

Апробация работы проведена на российских и международных конференциях:

1. I Всероссийская научная конференция «Транспорт и хранение углеводородов - 2022», (апрель 2022, г. Санкт-Петербург);

2. XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2022, г. Санкт-Петербург);

3. XIV Специализированная выставка-форум «Нефтедобыча. Нефтепереработка. Химия» (ноябрь 2022, г. Самара);

4. IV Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Транспорт и хранение углеводородов» (апрель 2023, г. Омск);

5. VI Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы нефти и газа» (октябрь 2023, г. Москва);

6. III Всероссийская научная конференция «Транспорт и хранение углеводородов - 2024» г. Санкт-Петербург (апрель 2024, г. Санкт-Петербург);

7. V Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых «Транспорт и хранение углеводородов» (апрель 2024, г. Омск);

8. XVII Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» (апрель 2024, г. Москва);

9. III Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (май 2024, г. Санкт-Петербург);

10. Научная конференция студентов и молодых ученых Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II «Полезные ископаемые России и их освоение» (октябрь 2024, г. Санкт-Петербург);

11. XIX Международной научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт - 2024» (ноябрь 2024, г. Уфа);

12. XX Всероссийская конференция-конкурс студентов выпускного курса и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (декабрь 2024, г. Санкт-Петербург).

В диссертации **Красникова Антона Андреевича** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: доцента кафедры «Проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов» ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», к.т.н., доцента **М.В. Терентьевой**; ведущего научного сотрудника лаборатории надежности объектов газотранспортной системы отдела надежности и ресурса Северного коридора ГТС филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, к.т.н. **И.В. Шишкина**; старшего научного сотрудника лаборатории исследований объектов газотранспортной системы отдела надежности и ресурса Северного коридора ГТС филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, к.т.н. **Т.И. Казаковой**; доцента Высшей нефтяной школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», к.т.н. **Д.В. Рахматуллина**; доцента кафедры «Лесопромышленные и химические технологии» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», к.т.н. **С.В. Петрова**; главного эксперта Департамента ПАО «Газпром», к.т.н. **В.Л. Боброва**; главного научного сотрудника отдела технологий сварки и металлургии ФИЦ ЯНЦ СО РАН ИФТПС СО РАН им. В.П. Ларионова, д.т.н. **Ю.Н. Сараева**, и старшего научного сотрудника того же отдела, к.т.н. **М.М. Сидорова**; доцента кафедры недропользования и нефтегазового дела ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», к.т.н. **М.М. Бердник**; доцента кафедры «Трубопроводный транспорт» СамГТУ, к.т.н. доцента **А.А. Афиногенова**; директора научно-технического центра трубопроводного транспорта Научно-технического центра трубопроводного транспорта «НИИ Транснефть», к.т.н. **Т.И. Безымянникова**; заместителя заведующего лабораторией прочностных расчетов ООО «НИИ Транснефть», к.т.н. **Э.Н. Фигорова**; доцента высшей нефтяной школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», к.т.н. **А.М. Батыров**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечен ряд замечаний:

1. Почему ультразвуковая ударная обработка проводилась на частотах 20, 37 и 44 кГц? **(к.т.н. М.В. Терентьева);**

2. Проводилась ли в работе оценка экономической составляющей, связанной с созданием данного устройства и какой экономический эффект принесет использование данного устройства? **(к.т.н. М.В. Терентьева);**

3. Не приведены показатели, характеризующие интенсивность ультразвуковой ударной обработки. **(к.т.н. И.В. Шишкин);**

4. Недостаточно ясна методология проведения ультразвуковой обработки, а также порядок применения разработанного оборудования. **(к.т.н. И.В. Шишкин);**

5. Недостаточно полно выполнено обоснование применения магнито-анизотропного метода для целей измерения распределения остаточных напряжений. **(к.т.н. И.В. Шишкин);**

6. Почему ультразвуковая ударная обработка проводилась на частотах 20, 37 и 44 кГц? **(к.т.н. Т.И. Казакова);**

7. Какой был разработан волновод для проведения данной обработки? **(к.т.н. Т.И. Казакова);**

8. Почему результаты расчета оценки безопасной работы сварных соединений были сравнены с результатами акустико-эмиссионного диагностирования? **(к.т.н. Т.И. Казакова);**

9. Почему ультразвуковая ударная обработка проводилась на частотах 20, 37 и 44 кГц? **(к.т.н. Д.В. Рахматуллин);**

10. Какой был разработан волновод для проведения данной обработки? **(к.т.н. Д.В. Рахматуллин);**

11. Почему результаты расчета оценки безопасной работы сварных соединений были сравнены с результатами акустико-эмиссионного диагностирования? **(к.т.н. Д.В. Рахматуллин);**

12. В автореферате изложена методика и описано оборудование для имитации напряженного состояния на исследуемых образцах. Для создания напряжений исследуемый образец растягивается и на нем измеряются показатели РГМН. Из этих измерений не ясно какова доля остаточных напряжений в этих напряжениях? Не измеряются ли при этом суммарные напряжения, возникающие в образце? **(к.т.н. С.В. Петров);**

13. Автор не поясняет выбор конкретных частот – 20, 37 и 44 кГц – ультразвуковой обработки. **(к.т.н. В.Л. Бобров);**

14. Также в работе автор не дает аргументированного ответа касательно нижней границы ультразвуковой обработки 20 кГц. Почему не были исследованы частоты ниже этой величины? **(к.т.н. В.Л. Бобров);**

15. В работе не представлена оценка экономического эффекта от внедрения ультразвуковой обработки сварных соединений в производственный процесс сооружения и ремонта магистральных трубопроводов. **(к.т.н. В.Л. Бобров);**

16. Указанное соответствие пункту 4 паспорта специальности 2.8.5 («Методы и средства информационных технологий, моделирования...») выглядит несколько формальным. Хотя моделирование и используется, ядро работы – разработка физической технологии и устройств. Целесообразнее было бы обосновать соответствие и другим пунктам, связанным непосредственно с технологиями сооружения, ремонта и повышения надежности трубопроводов. **(д.т.н. Ю.Н. Сараев и к.т.н. М.М. Сидоров);**

17. В автореферате недостаточно описана методика ультразвуковой ударной обработки (УЗУО), отсутствует описание конструктивных особенностей применённого ударного инструмента (волновода, наконечника, индентора), другие его параметры, нет схем и чертежей, что затрудняет понимание принципа его работы, воспроизводимость эксперимента и не позволяет составить полное представление о технологическом процессе. **(д.т.н. Ю.Н. Сараев и к.т.н. М.М. Сидоров);**

18. Указанные в работе глубина упрочненного слоя (до 2 мм) и применение высокочастотного диапазона (34-44 кГц) для УЗУО, вызывает вопросы. Они расходятся с типичными известными данными, где глубина обычно составляет 0.5-1.0 мм, а стандартные промышленные установки часто работают в диапазоне 18-26 кГц. Разъясните физические механизмы, обеспечивающие такую глубину упрочнения при использовании данных частот. Какие особенности оборудования или режимов обработки (амплитуда, энергия удара, форма индентора) позволили достичь таких результатов? **(д.т.н. Ю.Н. Сараев и к.т.н. М.М. Сидоров);**

19. Для пересчета данных магнито-анизотропных измерений (МАИ) в значения напряжений использовался коэффициент ($K \sim 1,70$ МПа/у.е.), полученный на плоских образцах. Насколько правомерно использовать коэффициент, полученный в условиях одноосного растяжения гладкого образца, для анализа сложного напряженного состояния в зоне сварного шва, где присутствует значительная структурная и механическая неоднородность? Проводилась ли валидация данного метода на эталонных образцах с известным напряженным состоянием? **(д.т.н. Ю.Н. Сараев и к.т.н. М.М. Сидоров);**

20. При ознакомлении с авторефератом возникли вопросы к формулировке первого пункта научной новизны, касающегося установки

факта возникновения остаточных растягивающих напряжений величиной до $0.8\sigma_T$ на внутренней поверхности кольцевых сварных соединений.

Известно, что количественная оценка уровня остаточных напряжений в сварных соединениях трубопроводов, в том числе с указанием их соотношения с пределом текучести материала, ранее детально исследовалась, в частности, в работах коллектива ИФТПС СО РАН им. Ларионова (г. Якутск). В этих исследованиях также были экспериментально зафиксированы высокие уровни остаточных напряжений с внутренней стороны кольцевых стыков труб, близкие к пределу текучести.

В этой связи, для более точного отражения действительного вклада соискателя, требуется разъяснение: в чем именно заключается новое знание в данном конкретном положении? Возможно следовало бы **сместить акцент** с констатации уровня напряжений на установление **конкретных количественных закономерностей или особенностей формирования напряжений** именно для исследованной комбинации факторов (например, для использованной технологии сварки и параметров последующей УЗО), либо на разработку и верификацию новой усовершенствованной методики их прогнозирования с помощью предложенной численной модели, учитывающей эти специфические условия. Такая корректировка позволило бы четче дифференцировать полученные результаты от ранее известных данных и более объективно отразить научную новизну проведенного исследования. (д.д.т.н. Ю.Н. Сараев и к.т.н. М.М. Сидоров);

21. В работе не обоснован выбор исследуемой частоты ультразвуковой ударной обработки 20, 37 и 44 кГц, недостаточно подробно раскрыт механизм влияния ультразвуковой обработки на микроструктуру металла при частотах выше 20 кГц. (к.т.н. М.М. Бердник);

22. В автореферате отсутствуют конкретные экономические расчеты эффективности внедрения технологии. Рекомендуется привести сравнительный анализ затрат на проведение ультразвуковой обработки и получаемого экономического эффекта от увеличения ресурса эксплуатации. (к.т.н. М.М. Бердник);

23. При описании экспериментальной части не раскрыт вопрос о влиянии скорости перемещения волновода на качество обработки при различных частотах воздействия. Также желательно уточнить оптимальные параметры режима обработки для разных марки сталей. (к.т.н. М.М. Бердник);

24. В работе не рассмотрены возможные ограничения применения технологии в условиях действующих трубопроводов (например, при наличии

внутренних отложений или деформации трубопровода). (к.т.н. М.М. Бердник);

25. Недостаточно подробно описаны методы контроля качества проведения ультразвуковой обработки в производственных условиях. Рекомендуются разработать конкретные критерии оценки эффективности проведенного воздействия. (к.т.н. М.М. Бердник);

26. В автореферате не отражена информация о возможности масштабирования технологии для обработки сварных соединений различных диаметров трубопроводов. (к.т.н. М.М. Бердник);

27 В работе предложена математическая модель, описывающая взаимосвязанные поля температуры и напряжений, возникающих в металле сварного шва в процессе сварки. Термические напряжения по объему сварного соединения, согласно приведенной модели, рассчитываются на основе поля температур в каждый момент времени с использованием коэффициента термического расширения. При этом влияние УЗУО на коэффициент термического расширения в модели не учитывается. Логичным решением при создании математической модели стало бы использование дополнительного коэффициента, зависящего от частоты УЗУО, который, в таком случае, мог быть определен в результате сравнения модельных и экспериментальных данных, а математическая модель полностью соответствовала целям исследования. (к.т.н. А.А. Афиногентов);

28. Описанный в работе эксперимент показал, что наибольшее снижение напряжений в кольцевом шве достигается при обработке внутренней поверхности сварного соединения с частотой 20 кГц, при этом исследования проводились в диапазоне частот от 44 до 20 кГц и из приведенных результатов следует, что снижение частоты УЗУО приводит к уменьшению градиента механических напряжений и повышению эффекта обработки. То есть максимальный эффект был достигнут на нижней границе исследуемого диапазона частот. Очевидно, следовало расширить данный диапазон, и таким образом определить частоту УЗУО, соответствующую максимальной эффективности обработки шва. (к.т.н. А.А. Афиногентов);

29. Известно, что на состояние металла в процессе ультразвуковой ударной обработки влияют не только частота, но и длительность воздействия. В автореферате диссертации приводится только скорость движения волновода (0.5 м/мин), а влияние длительности обработки практически не затронуто. Следовало указать длительности обработки участков сварного соединения. (к.т.н. А.А. Афиногентов);

30. Проводились ли эксперименты на продольных сварных соединениях магистральных трубопроводов? Наблюдаются ли аналогичные

результаты ультразвуковой ударной обработки для продольных и кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов? (к.т.н. **Т.И. Безымянников**);

31. Требуется дополнительная оценка эффективности предлагаемого внутритрубного прибора, движущегося с потоком жидкости и обрабатывающего внутреннюю поверхность трубопровода. (к.т.н., **Э.Н. Фигоров**);

32. Оценку ресурса трубопровода нужно проводить в соответствии с классическими правилами механики разрушения. (к.т.н., **Э.Н. Фигоров**);

33. Требуется дополнительно обоснование правомерности сопоставления расчетов оценки безопасной работы сварных соединений с результатами акустико-эмиссионного диагностирования. (к.т.н. **Э.Н. Фигоров**);

34. В качестве продолжения исследования рекомендуется получить результаты количества циклов до разрушения на образцах с трещиной обработанными и не обработанными поверхностями. (**Э.Н. Фигоров**).

35. Для измерения остаточных напряжений использовался магнитоанізотропный метод (Stress Vision). Каким образом проводилась верификация и калибровка этого метода для конкретно используемых сталей 20 и 09Г2С? (к.т.н., **А.М. Батыров**);

36. Разработаны три типа устройств для внутренней обработки. Какой из них, по Вашему мнению, является наиболее перспективным для массового применения и почему? Проводились ли натурные испытания прототипов этих устройств в условиях, приближенных к реальным (например, на опытном участке трубопровода), и если да, то каковы были результаты? (к.т.н., **А.М. Батыров**);

37. Приведены данные о повышении ресурса 60 % (до 1.6 раза). Планировалась ли в работе оценка экономического эффекта от внедрения данной технологии для типового участка магистрального трубопровода с учетом затрат на разработку, изготовление оборудования, проведение обработки и потенциального снижения затрат на ремонты и ликвидацию аварий? (к.т.н., **А.М. Батыров**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у оппонентов и профессорско-преподавательского состава ведущей организации публикаций по тематике, близкой к рассматриваемой теме диссертации соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод ультразвуковой ударной обработки сварных соединений трубопроводов с целью снижения остаточных напряжений с определением оптимальной частоты ультразвуковых колебаний и конструкции установки;
предложена конструкция внутритрубного устройства для обработки внутренней поверхности сварных соединений магистральных трубопроводов;
доказана эффективность предложенных технических решений по снижению остаточных сварочных напряжений в кольцевых сварных соединениях магистральных трубопроводов;

введена новая область применения ультразвуковой ударной обработки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность разработанного метода, обеспечивающего расширение области применения ультразвуковой ударной обработки для внутренней поверхности кольцевых сварных соединений с целью снижения остаточных сварочных напряжений магистральных трубопроводов и повышения их ресурса;

использован комплекс существующих методов исследований, в том числе численные методы и экспериментальные испытания в лабораторных условиях;

изложены существующие методы снижения остаточных сварочных напряжений, описаны методические подходы к проведению ультразвуковой ударной обработки, а также установлены её оптимальная частота и поверхность обработки на кольцевых сварных соединениях;

раскрыта возможность снижения остаточных сварочных напряжений в кольцевых сварных соединениях и повышения их прочностных свойств за счёт ультразвуковой ударной обработки, которая обеспечивает локальную пластическую деформацию, измельчение зёрен и формирование более однородной микроструктуры;

изучены факторы и режимные параметры, оказывающие наибольшее влияние на эффективность ультразвуковой ударной обработки;

проведена модернизация установки ультразвуковой ударной обработки для применения эффективных режимов обработки сварных соединений магистральных трубопроводов.

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

разработано и запатентовано ультразвуковое ударное устройство для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности сооруженного нефтепровода, перемещаемое за счет движения жидкости (патент на изобретение № 2805006);

разработано ультразвуковое ударное устройство для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности строящегося трубопровода, перемещаемое методом протаскивания (заявка на патент на изобретение №2024138241);

разработано самоходное ультразвуковое ударное устройство для снижения остаточных напряжений на внутренней поверхности строящегося трубопровода (заявка на патент на изобретение № 2024138234);

материалы и результаты диссертации **внедрены** на предприятии ООО НПФ «ЭнТехМаш», занимающемся обеспечением безопасной эксплуатацией оборудования в нефтегазовой отрасли (подтверждено актом внедрения).

определены перспективы практического использования разработанных новых технических решений ультразвуковой ударной обработки

создана система практических рекомендаций по внедрению разработанных новых технических решений ультразвуковой ударной обработки магистральных трубопроводов;

представлены рекомендации по технологии применения разработанных устройств, способствующие увеличению ресурса кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовано сертифицированное оборудование Санкт-Петербургского Горного университета при применении методик согласно предписаниям о правилах проведения испытаний, которые отражены в российских и международных стандартах;

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, согласуется с теоретическими и экспериментальными результатами общепризнанных исследований по теме диссертации;

идея базируется на анализе теоретических и экспериментальных исследований, а также на обобщении полученных ранее результатов других исследователей;

использованы научные методы сравнения и аналогий с существующими исследованиями по теме диссертации, системного анализа, а также инструменты экспериментального и теоретического исследований, методы статистики, математического и имитационного моделирования для подтверждения выдвинутых гипотез;

установлено соответствие полученных результатов диссертационного исследования поставленной цели, а также отсутствие противоречий полученных результатов (качественно), выводов и рекомендаций соискателя результатам, представленным в независимых научных источниках,

положениям теоретической и экспериментальной базы, существующим методическим подходам по теме диссертации;

использованы современные методики сбора, анализа и обработки производственных и научных данных, размещенных в открытых источниках, по существующим техническим решениям в области снижения остаточных сварочных напряжений в кольцевых сварных соединениях.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном личном участии на всех этапах процесса подготовки диссертации, а именно: в постановке цели и задач исследования, анализе отечественной и зарубежной научной литературы по теме диссертации, разработке методики исследования, проведения экспериментальных исследований влияния ультразвуковой ударной обработки на микроструктуру, ударную вязкость и снижения остаточных сварочных напряжений в сварных соединениях, а также в разработке устройств для ультразвуковой ударной обработки кольцевых сварных соединений.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель **Красников А.А.** ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания, привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании **24 сентября 2025 года** диссертационный совет принял решение присудить **Красникову Антону Андреевичу** ученую степень кандидата технических наук за разработку новых научно обоснованных технических решений в области ультразвуковой ударной обработки кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов, направленных на решение научно-практической задачи повышения ресурса магистральных трубопроводов за счет снижения остаточных сварочных напряжений в зоне кольцевых сварных соединений.

При проведении тайного голосования с использованием информационно-коммуникационных технологий при участии в удаленном интерактивном режиме членов диссертационного совета, диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 9 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Щипачёв
Андрей Михайлович

Носов
Виктор Владимирович

24.09.2025 г.