

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента
Игнатика Анатолия Александровича
на диссертацию Красникова Антона Андреевича
«Обоснование метода ультразвуковой обработки сварных соединений
магистральных трубопроводов для снижения остаточных сварочных
напряжений», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

1. Актуальность темы диссертации

Трубы магистральных трубопроводов соединяются между собой по окружности сваркой. При формировании сварного шва термомодеформационное воздействие приводит к структурно-фазовым преобразованиям в металле и возникновению остаточных напряжений, которые могут достигать значений, близких к пределу текучести материала. По данным мониторинга трубопроводов остаточные напряжения достигают до 60–80 % от предела текучести. Остаточные напряжения в зоне сварного соединения распределены неравномерно. В центре сварного шва они достигают максимального положительного значения. При работе трубопроводов остаточные напряжения суммируются с эксплуатационными напряжениями, поэтому итоговый уровень напряженно-деформированного состояния может быть высоким и приближаться к критическому.

Как правило, остаточные сварочные напряжения в проектировочных и проверочных расчетах трубопроводов на прочность и долговечность не учитываются, что занижает расчетные напряжения в сварных соединениях относительно фактических. Поэтому в прочностных расчетах используются коэффициенты запаса и концентрации напряжений.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-378 от 27.08.25 1
АУ УС

На практике измерение остаточных напряжений в сварных швах не нашло распространение. Эти измерения делаются только в научно-исследовательских целях.

Повышенный уровень напряжений способствует возникновению и развитию трещиноподобных дефектов в сварных швах. Циклически изменяющиеся нагрузки и воздействия на трубопровод являются причиной роста дефектов по усталостному механизму. Именно в зонах повышенного уровня напряженно-деформированного состояния ресурс трубы наименьший. Здесь наиболее вероятны разрушения. Кроме того, в северных условиях эксплуатации трубопроводов отрицательное влияние на металл сварных соединений оказывает увеличение хрупкости при низких температурах.

Итак, развитие научно обоснованных методов по снижению остаточных напряжений в сварных соединениях трубопроводов является актуальной научной проблемой. В диссертации развивается метод ультразвуковой обработки сварных швов магистральных трубопроводов.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна видится в следующих пунктах.

- Экспериментально определено, что при образовании кольцевых сварных соединений трубопроводов наибольшие остаточные растягивающие напряжения возникают на внутренней поверхности шва. Эти напряжения достигают 80 % от предела текучести материала.

- Экспериментально определено, что при ультразвуковой обработке кольцевого сварного шва трубопровода с частотой 20 кГц напряжения в нем снижаются до 1,6 раза (или снижение на 39 %). При частотах 37 и 44 кГц степень снижения остаточных напряжений меньше.

Эти пункты научной новизны получены по итогам выполненных экспериментов в лабораторных условиях с помощью магнитно-анизотропного метода оценки напряжений. Применялись образцы сварных соединений из стали марки 20 и 09Г2С.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе изложены аргументированные выводы, научные положения, а также рекомендации по снижению уровня остаточных напряжений в сварных соединениях трубопроводов методом ультразвуковой ударной обработки.

Автор диссертации выполнил анализ существующих способов обработки сварных соединений, приводящих к уменьшению остаточных напряжений, возникших при образовании сварного шва.

Выводы и научные положения обосновываются результатами проведенных экспериментальных исследований. В экспериментах образцы сварных соединений трубопровода подвергались измерению напряжений магнитно-анизотропным методом, микротвердости по шкале Виккерса, ударной вязкости. Исследовалась микроструктура и оценивался размер зерен в зоне сварки.

Для перехода от данных магнитной характеристики материала к напряжениям представлен тарифовочный график.

Приводятся чертежи и подробное текстовое описание предлагаемых внутритрубных устройств для снижения остаточных напряжений в сварных соединениях.

4. Научные результаты, их ценность

Положения диссертационного исследования в достаточной степени отражены в 7 опубликованных трудах, в том числе в 2 статьях – в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук; в 2 статьях – в изданиях, включенных в систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение и подано 2 заявки на патенты на изобретения. Имеется акт о промышленном внедрении результатов диссертации.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Полученные в диссертационном исследовании результаты имеют существенное значение в теории и практике трубопроводного транспорта углеводородов. К таким результатам можно отнести следующие пункты.

– Получены компьютерные модели полей температур и термических напряжений в зоне сварного соединения труб. По этим моделям можно судить о распределении величин и их экстремальных значениях.

– При ультразвуковой ударной обработке сварных соединений трубопроводов с частотой 20 кГц достигается уменьшение остаточных напряжений до 1,6 раза; увеличение ударной вязкости (KCV) до 1,5 раз; увеличение ресурса соединения до 1,6 раза; уменьшение размера зерна в подповерхностном слое до 1,6 раза.

– Разработано и оформлено в виде патентов три внутритрубных устройства для проведения ультразвуковой ударной обработки кольцевых сварных швов магистральных трубопроводов после их строительства или ремонта. Это устройства: 1) перемещаемые потоком перекачиваемого продукта; 2) перемещаемые методом протаскивания; 3) самоходные устройства.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационных исследований могут быть использованы для проведения обработки ультразвуковым методом кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов после их строительства или ремонта, что повысит надежность и ресурс трубопроводной конструкции.

Комплекс лабораторных экспериментов, рассмотренных в диссертации, может быть применен в других подобных научных исследованиях.

7. Замечания и вопросы по работе

1) В формуле (2.4) выражение после первого знака «равно» неверное. В числителе должно быть $(\sigma_1 - \sigma_3)$, а не $(\sigma_T - \sigma_B)$. Условие перехода в пластическое состояние, формулу (2.5), следует записать $\sigma_{\text{экв}} = \sigma_T$.

2) Размеры конечных элементов на компьютерных моделях теплового поля сварного соединения (рисунки 3.2 и 3.4) выглядят большими. Почему они не такие же, как на рисунке 3.5, где изображены компьютерные модели полей напряжений? Не понятно, как задается скорость сварки при компьютерном моделировании?

3) На стр. 77 диссертации написано, что экспериментальные значения остаточных напряжений сравнивались с расчетными значениями. Не понятно, как получены расчетные значения. Это данные компьютерного моделирования?

4) Внутритрубное устройство для ультразвуковой обработки сварных соединений перемещается потоком жидкости со скоростью 0,5 м / с (стр. 111 диссертации). Есть сомнения, «успевает» ли прибор выполнить свою функцию при такой скорости перемещения.

Замечания и вопросы не снижают научной и практической ценности результатов диссертации.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Красникова Антона Андреевича «Обоснование метода ультразвуковой обработки сварных соединений магистральных трубопроводов для снижения остаточных сварочных напряжений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», обладает актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью, соответствует паспорту научной специальности (пункт 4) и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и

разработки, направленные на увеличение прочности и ресурса кольцевых сварных соединений труб путем ультразвуковой ударной обработки сварных швов после строительства или ремонта магистральных трубопроводов.

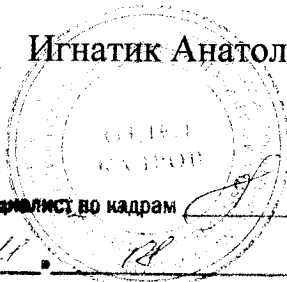
Диссертация полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Красников Антон Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент:

доцент кафедры проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»,
канд. техн. наук по специальности 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», доцент

Дата 11.08.2025 И.И. Игнатик Анатолий Александрович

Подпись Игнатика А. А. заверяю:


Специалист по кадрам Э. А. Никитенко
«11» 18 2025 года

Сведения об официальном оппоненте:

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГТУ»)

Адрес: 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13

Официальный сайт в сети Интернет: www.ugtu.net

эл. почта: aignatik@ugtu.net телефон: 8-8216-774-482