

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
кандидат технических наук, доцент



Д.Г. Петраков

02.02.2024

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II»
на диссертационную работу Тигулева Егора Александровича
на тему «Разработка методики оценки прочности сварных соединений
магистральных трубопроводов с учетом влияния форм и свойств их
механической неоднородности», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство
и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ

1. Актуальность темы выполненной диссертационной работы

Актуальность исследований диссертационной работы обусловлена
необходимостью совершенствования метода расчета на прочность сварных
соединений магистральных трубопроводов с учетом влияния форм и свойств
механической неоднородности. В ранее проведенных исследованиях в
области оценки надежности сварных соединений с механической
неоднородностью рассматривались лишь схематизированные формы
механической неоднородности и не учитывались криволинейные
характеристики контактной границы между зонами механической
неоднородности.

Степень влияния форм и свойств зон механической неоднородности на
прочность сварных соединений низколегированных сталей магистральных
трубопроводов требует дополнительного исследования. А именно, на
решение этих задач и направлена диссертационная работа соискателя

Тигулева Егора Александровича, разработку методики оценки прочности сварных соединений магистральных трубопроводов с учетом их механической неоднородности путем создания алгоритмов, основанных на математическом моделировании и экспериментальной проверке, что и определяет ее актуальность.

2. Структура диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемых источников литературы, насчитывающего 132 наименования. Объем диссертационной работы составляет 194 страницы машинописного текста. В работе содержится 69 рисунков и 10 таблиц.

Во введении автором приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы, обозначены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором работы выполнен анализ методик оценки прочности сварных соединений. На основе анализа предшествующих исследований сделан вывод о наличии научной проблемы в части учета сложной формы механической неоднородности при оценке её влияния на сопротивляемость участков сварных соединений статическим нагрузкам. Ранее проведенные исследования использовали схематизированные формы зон механической неоднородности, не в полной мере отражающие распределение механических свойств вследствие термомодеформационного цикла сварки. Данная схематизация может оказать влияние на количественное значение сопротивления участка трубопровода разрушению, особенно в присутствии таких концентраторов напряжений как трещиноподобный дефект.

Во второй главе соискателем рассмотрены результаты исследований, в которых показана прямая корреляция механических характеристик вязких сталей и показателей твердости. К группе вязких сталей относится также исследуемая в работе низколегированная сталь для магистральных трубопроводов. На основе выявленной взаимосвязи параметров твердости и

механических характеристик проведен анализ результатов определения механических характеристик сварных соединений из низколегированных сталей по испытаниям на твердость для более чем 100 образцов стыковых сварных соединений магистральных трубопроводов, выполненных четырьмя видами сварки: ручной дуговой сваркой, автоматической сваркой порошковой проволокой, автоматической сваркой в среде защитных газов сплошной проволокой, автоматической сваркой под флюсом.

Также во второй главе соискателем были рассмотрены разработанные ранее методики определения прочности сварного соединения, основанные на допущениях гипотезы Прандтля о постоянстве касательных напряжений по длине пластической полосы. Показано, что указанные методики требуют совершенствования в части учета краевых эффектов, а также учета криволинейных форм контактных границ зон механической неоднородности. В рамках второй главы предложен механизм учета изменения угла наклона контактной границы по отношению к главным напряжениям через условных коэффициент двухосности. На основании анализа формы зон механической неоднородности предложена параболическая аппроксимация формы контактных границ, что в целом является наиболее приближенной формой с учетом температурного градиента термомодеформационного цикла сварки.

В третьей главе автором работы выполнено планирование эксперимента и проведены экспериментальные исследования сопротивления механически неоднородных сварных соединений статическим растягивающим нагрузкам. Экспериментальные исследования включали определение характеристик сварного соединения магистрального трубопровода, выполненного методом ручной дуговой сварки, путем замеров твердости по Виккерсу, определение статической прочности образцов бездефектных сварных соединений, а также сварных соединений с трещиноподобным дефектом. Результаты экспериментальных исследований показали разность сопротивления зон механической неоднородности сварного соединения при расположении трещиноподобного дефекта. Используемая при нанесении дефекта электроэрозионная технология позволила с высокой точностью установить единые размеры дефектов в каждой зоне на каждом испытанном образце.

В четвертой главе выполнена постановка задачи математического моделирования для исследования напряженного состояния участка сварного соединения с трещиноподобным дефектом.

В четвертой главе также рассмотрены вопросы практического применения методики определения влияния локальных зон пластического деформирования на прочность сварных соединений с искусственными концентраторами напряжений. Ввиду сложности и уникальности расчетных моделей с дефектами с учетом механической неоднородности предложен унифицированный подход, который учитывает концентрацию напряжений в локальных зонах вследствие сложного взаимодействия прослоек механической неоднородности. Подход заключается в определении дополнительного коэффициента концентрации напряжений в зависимости от расположения дефекта в сварном соединении относительно линии сплавления. Локализация ослабленных участков, которые преждевременно (раньше всего металла трубопровода) переходят в пластическую стадию, происходит по объему сварного соединения, в работе предлагаются максимально возможные коэффициенты концентрации, определяющие пониженную прочность участка, которая на практике идет в запас.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по работе.

Содержание диссертационной работы обладает внутренним единством и подчинено единой цели и задачам исследования.

3. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

К ценным для науки результатам исследований следует отнести установленные и экспериментально подтвержденные зависимости:

- распределения механической неоднородности по основным типам сварных соединений, применяемым на магистральных трубопроводах;
- интегрального критерия учета механической неоднородности в методике расчета прочности бездефектных сварных соединений;

- коэффициента концентрации напряжений, возникающих в результате совместного действия зон механической неоднородности, имеющих сложную форму контактной границы, и геометрического концентратора напряжений.

4. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора

Значимость диссертационных исследований автора для производства заключается в обосновании включения разработанных критериев учета влияния механической неоднородности на прочность участка трубопровода с трещиноподобным дефектом в виде дополнительных коэффициентов концентрации напряжений. Такая форма учета позволяет применять научно обоснованные критерии учета механической неоднородности в действующих методиках оценки прочности трубопровода с дефектом по результатам технического диагностирования.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предприятиям, выполняющим техническое диагностирование трубопроводов, в том числе АО «Транснефть-Диаскан», ООО «Энергодиагностика», ООО «Газпром газнадзор», а также предприятиям нефтегазового сектора, выполняющим расчет остаточного ресурса трубопроводов ООО «НИИ Транснефть», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ООО «РН-БашНИПИнефть» рекомендуется использовать результаты диссертационной работы в части уточнения результатов прочности и долговечности участков с дефектами, расположенных в зонах механической неоднородности сварных соединений. Кроме того, результаты, полученные Тигулевым Е.А. в диссертационном исследовании, рекомендуется применять в научно-образовательных целях при чтении лекций, проведении лабораторных и практических занятий для студентов,

обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 и 21.04.01 «Нефтегазовое дело».

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основное содержание диссертации представлено в 10 научных трудах, в том числе 5 в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, среди них 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus и Web of Science. Результаты работы докладывались на международных и российских научно-технических конференциях.

7. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Тигулева Е.А. посвящена актуальной проблеме учета влияния механической неоднородности на статическую прочность сварных соединений магистральных трубопроводов.

В диссертационной работе изложены аргументированные выводы, научные положения, а также рекомендации по совершенствованию метода расчета на прочность сварных соединений магистральных трубопроводов. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения, так как опирается на результаты аналитических и экспериментальных исследований.

Структура диссертационной работы соискателя Тигулева Е.А. выстроена логично и последовательно. Проведен анализ существующих методов и методологии расчетов на прочность сварных соединений магистральных трубопроводов. Проведены комплексные экспериментальные исследования, а также математическое моделирование для исследования напряженного состояния участков сварного соединения с трещиноподобными дефектами.

Приведены выводы и рекомендации достаточно обоснованы и содержат новый научный результат.

8. Замечания и рекомендации по диссертационной работе

В ходе прочтения автореферата и ознакомления с работой соискателя возникли следующие вопросы и замечания, требующие уточнения:

1. В диссертационной работе исследуется внутренняя структура сварных соединений, при этом не отражены вопросы проведения неразрушающего контроля таких соединений и выявления фактического распределения твердости по объему сварного соединения.

2. Необходимо уточнить корреляция каких механических характеристик с показаниями твердости имеется в виду при определении распределения по объему макрошлифа сварного соединения.

3. Требуется пояснение, как определялась контактная граница между зонами механической неоднородности на основании замеров твердости.

4. При получении введенного в исследовании условного коэффициента двухосности применялась полиномиальная аппроксимация, при этом не уточняется, какого порядка применяется полином.

5. Требуется пояснение выбора в работе параболического типа аппроксимации контактных границ зон механической неоднородности, которая далее используется для нахождения условного коэффициента двухосности.

9. Заключение по диссертационной работе

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненную на высоком научно-техническом уровне.

Диссертационная работа Тигулева Егора Александровича «Разработка методики оценки прочности сварных соединений магистральных трубопроводов с учетом их механической неоднородности» отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минорбнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (пп. 9-14), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование на русском языке: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Сокращенное наименование на русском языке: СПбГУ, Горный университет

Почтовый (фактический) адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2

Официальный сайт в сети Интернет: www.spmi.ru

E-mail: schirachev_am@pers.spmi.ru

Контактный телефон: +7(812) 328-82-08