

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Земенковой Марии Юрьевны
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 диссертации

Развитие возможностей высокоточных внутритрубных диагностических комплексов в системах магистральных трубопроводов требует разработки новых методов оценки прочности и долговечности участков с выделенными в результате диагностики дефектами. Комплексный подход к оценке остаточного ресурса участков с дефектами является одной из приоритетных задач программ и стратегий развития нефтегазовых компаний, эксплуатирующих трубопроводы, который позволяет обеспечивать базовый и повышенный уровень надежности объектов трубопроводного транспорта.

Так, например, в составе ключевых инновационных проектов ПАО «Транснефть» до 2026 года запланирована реализация научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок высокоточных внутритрубных диагностических снарядов для обеспечения надежности объектов магистральных трубопроводов. Кроме того, Программа инновационного развития ПАО «Транснефть» предусматривает развитие более долгосрочных проектов до 2036 года для создания систем управления техническим состоянием объектов линейной части магистральных трубопроводов с применением технологии «цифровых двойников», которые должны базироваться на современном детерминированном подходе к определению напряженно-деформированного состояния участков с дефектами и требуют разработки моделей цифровизации.

Методы расчета на прочность и долговечность участков трубопроводов с дефектами уже получили свое развитие как в научных исследованиях, так и инженерных методиках, применяющихся по результатам диагностических обследований. Вместе с тем, расположение рассматриваемых дефектов относительно зон механической неоднородности сварных соединений исследовано недостаточно, а также в существующих методах отсутствуют практические механизмы учета расположения дефектов относительно зон механической неоднородности.

В связи с этим диссертационная работа Тигулева Е.А., направленная на определение влияния зон механической неоднородности сварных соединений и совершенствование метода расчета на прочность сварных соединений магистральных трубопроводов из низколегированной стали с учетом влияния форм и свойств механической неоднородности, представляется безусловно актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений.

Соискателем выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по оценке характеристик сварного соединения магистрального трубопровода, выполненного методом ручной дуговой сварки, путем замеров твердости по Виккерсу, определения статической прочности.

Автором выполнено математическое моделирование напряженного состояния участка сварного соединения с трещиноподобным дефектом с использованием классических законов механики, положениями теории прочности, пластичности, основами дифференциального исчисления с применением аналитических и математических методов и современных средств автоматизации расчетов, имитационных технологий, сертифицированных программных комплексов для реализации алгоритмов конечно-элементного моделирования.

Практические и научные аспекты, положения и выводы сформулированы по итогам математического моделирования параметров напряженного состояния участка сварного соединения с трещиноподобным дефектом, результатов экспериментальных исследований. Технологические особенности моделей приняты в соответствии с материалами государственных и отраслевых нормативно-технических документах, результаты работы не противоречат результатам научных исследований ученых в области прочности сварных соединений и надежности объектов трубопроводного транспорта.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений и заключается в следующем:

- разработан метод определения форм и свойств зон механической неоднородности в сварном соединении магистрального трубопровода;

– получена зависимость для оценки нового критерия, условного коэффициента двухосности, для учета непрерывного изменения угла наклона контактной границы между зонами механической неоднородности, влияния механической неоднородности на прочность стыкового сварного соединения магистрального трубопровода при действии эксплуатационных нагрузок;

– разработана зависимость для оценки коэффициента концентрации напряжений участка стыкового сварного соединения магистрального трубопровода, изготовленного из низколегированной стали, с поверхностным трещиноподобным дефектом, учитывающая конфигурацию зон механической неоднородности сварного соединения в зависимости от его типа и расположения вершины дефекта относительно каждой из зон;

– разработана методика оценки показателей прочности сварных соединений магистральных трубопроводов с учетом влияния форм и свойств их механической неоднородности.

Достоверность полученных Тигулевым Е.А. результатов диссертационных исследований подтверждается достаточной степенью корреляции между полученными экспериментальными и аналитическими исследованиями с применением современных лицензионных программных комплексов, общепризнанных математических методов обработки информации, а также компьютерного и математического моделирования процессов, корректностью теоретического обоснования, сравнением с данными, приведенными в научной и нормативных документах.

4.3. Значимость полученных результатов для науки и практики

Разработанные соискателем теоретические положения и алгоритмы значимы для развития методики оценки параметров прочности сварных соединений с поверхностными трещиноподобными дефектами по результатам внутритрубного диагностирования и прогнозирования показателей надежности трубопроводов со сварными соединениями различной прочности.

Автором предложен оригинальный метод оценки распределения механических свойств по стыковым сварным соединениям основных типов, применяющихся на объектах магистрального трубопроводного транспорта. Разработана методика моделирования прочностных свойств зон механической неоднородности в составе сварного соединения, включая связи между зонами и их совместного деформирования под действием характерных для эксплуатационных условий нагрузок.

В диссертационной работе Тигулевым Е.А. подтверждена целесообразность учета как механической неоднородности при определении прочности сварных соединений магистральных трубопроводов, так и учет

форм и свойств механической неоднородности и их влияние на локализацию пластических деформации при эксплуатационном нагружении.

В диссертации показано, что расположение дефекта в разных зонах механической неоднородности может существенно влиять на напряженно-деформированное состояние всего нетто-сечения участка сварного соединения. Предложенный автором алгоритм учета влияния механической неоднородности на прочность сварного соединения магистрального трубопровода с дефектом позволяет отслеживать изменение прочностных свойств сварных соединений и ранжировать выявленные трещиноподобные дефекты по степени опасности для всего участка.

Предложенные алгоритмы и модели сварных соединений с механической неоднородностью могут быть использованы для оценки как прочности бездефектных сварных соединений, влияния зон механической неоднородности на концентрацию напряжений в объеме сварного соединения, так и оценки остаточного ресурса и влияния на него свойств механической неоднородности. Методика детерминированного контроля и оценки параметров механической неоднородности на прочность сварного соединения может быть использована для создания системы учета и управления техническим состоянием магистральных трубопроводов, в том числе с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта при достаточном для обучения объеме выборки экспериментальных данных.

5.Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты работы могут быть использованы при интерпретации результатов технического диагностирования трубопроводов, выполненных из низколегированной стали, в том числе результатов внутритрубной диагностики и дополнительного дефектоскопического контроля трубопроводных систем «Транснефть» и «Газпром».

Важно, что разработанная методика оценки прочности сварных соединений магистральных трубопроводов с учетом влияния форм и свойств механической неоднородности апробирована при анализе опасности выявляемых дефектов диагностируемых объектов компанией ООО «Энергодиагностика». Методика учета влияния механической неоднородности при расчете участков сварных соединений магистральных трубопроводов на прочность используется в научно-образовательных целях в ФГБОУ ВО «УГНТУ» для обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 и 21.04.01 «Нефтегазовое дело».

Кроме того, результаты оценки влияния прочности участков стыковых сварных соединений трубопроводов с дефектами, осложненных наличием механической неоднородности, могут быть использованы профильными предприятиями для анализа прочности типовых сварных соединений.

6. Оценка содержания диссертации, степень ее завершенности

Текст диссертационной работы написан грамотно, лаконично, специализированным стилем с использованием профильной терминологии. Соискателем реализован комплексный подход к решению поставленных задач с применением современных программных комплексов, в т.ч. основанных на конечно-элементном моделировании. Работа выполнена с применением методов планирования экспериментальных исследований и критериального анализа результатов. Результаты численного моделирования и экспериментов сопровождаются объемным графическим и иллюстрационным материалом для визуализации, подробным описанием сути исследований. Математические зависимости и модели представлены с обоснованием, пояснениями, расшифровкой переменных величин и единиц измерений.

Автором выполнен системный анализ современных методов оценки прочности сварных соединений по данным отечественных и зарубежных источников и нормативно-технической базы, проанализированы понятия «механическая неоднородность», «контактное упрочнение», «неполная реализация контактного упрочнения».

При разработке и обосновании научных положений соискателем проанализированы и учтены разработанные ранее другими учеными научно-практические подходы по учету механической неоднородности, в том числе при расчете прочности оболочковых конструкций, а также аспекты обеспечения точности оценки прочности сварного соединения в плоской постановке. Представлен критический анализ существующих методов контроля распределения механических свойств по объему сварных соединений различного типа, применяющихся при сооружении магистральных трубопроводов, выделены основные закономерности влияния термомодеформационного цикла сварки на формирование зон механической неоднородности.

Предложена методика определения изменения отношения главных напряжений вдоль контактных границ зон механической неоднородности внутри сварного соединения и учета влияния такого изменения на локализацию пластических деформации. Полученные в математической модели зоны локализации пластической деформации также были подтверждены численным моделированием. В целях верификации

результатов аналитического расчета и численного моделирования автором проведена экспериментальная проверка и подтверждена значимость параметров изменения прочности в пределах сварного соединения для участка трубопровода с трещиноподобным дефектом.

Соискателем спланирован и проведен эксперимент по оценке прочностных свойств на образцах сварных соединений посредством замера твердости. На основании полученной картины распределения прочности по объему сварного соединения в образцах были определены характерные зоны нанесения трещиноподобных дефектов с применением технологии электроэрозии, обеспечивающей повторяемость и точность наносимого дефекта, а также исключающей процесс наклепа и структурного изменения в зоне нанесения. Установленные зоны концентрации напряжений в сочетании с действием зон механической неоднородности позволили автору получить экспериментальную оценку влияния фактора механической неоднородности на прочность нетто-сечения образца сварного соединения с трещиноподобным дефектом, а затем аналитически и численно обосновать полученный результат.

В работе построены алгоритмы оценки степени механической неоднородности для сварных соединений разных типов, а также алгоритмы анализа информации о формах и свойствах зон механической неоднородности для оценки влияния на результаты расчетов на статическую прочность.

Достоинством работы, несомненно, следует считать результаты анализа распределения механических свойств типовых стыковых сварных соединений магистральных трубопроводах, а также методику практического учета нестандартных форм механической неоднородности в расчете прочности участка сварного соединения с дефектом.

К преимуществам выполненного исследования целесообразно отнести качественную математическую постановку, учитывающую научные результаты работы предшествующих авторов и инженерных методик по расчету прочности сварных соединений с трещиноподобным концентратором, объем экспериментальных исследований.

Таким образом, в диссертационной работе решен комплекс научно-технических задач, связанных с оценкой влияния зон механической неоднородности, имеющих криволинейные контактные границы, на статическую прочность сварных соединений, в том числе при наличии поверхностных трещиноподобных дефектов.

Диссертация обладает научной новизной, практической и теоретической ценностью, содержит материалы исследований, свидетельствующие о корректном решении научных задач, является завершенной научно-квалификационной работой.

Основные положения диссертационной работы в достаточном объеме опубликованы в открытой печати. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ, среди них 4 - в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus и Web of Science. Опубликованные работы соответствуют теме диссертации и в достаточном объеме отражают ее содержание.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

7.Замечания и рекомендации по диссертационной работе

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания:

1. Автором подробно продемонстрирован анализ свойств сварных соединений магистральных трубопроводов, применяемых в системе ПАО «Транснефть», при этом рационально было бы представить аналогичные результаты для других организаций, эксплуатирующих магистральные трубопроводы.

2. В обосновании актуальности целесообразно было бы указать проблемы диагностирования зон механической неоднородности сварных соединений внутритрубными снарядами.

3. При анализе существующих методик расчета прочности сварных соединений с механической неоднородностью в диссертационной работе не приведены количественные оценки степени неполной реализации контактного упрочнения, что могло бы послужить дополнительным подтверждением актуальности учета влияния механической неоднородности на прочность сварных соединений магистральных трубопроводов.

4. Автором не даны пояснения необходимости снятия усиления сварного шва при проведении экспериментальных исследований.

5. Из материалов Главы 2 не ясно, в каких пределах видоизменяются зоны механической неоднородности при использовании одного вида сварки. Если данные изменения имеют место, требуется пояснить, насколько они значительны и влияют на результаты определения локальных участков перехода к пластическому деформированию.

Указанные замечания не снижают положительной оценки представленной диссертации в целом, носят рекомендательный характер и не имеют принципиального значения.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа на тему «Разработка методики оценки прочности сварных соединений магистральных трубопроводов с учетом влияния форм и свойств их механической неоднородности» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минорбнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные теоретические и технические решения, направленные на обеспечение надежности и совершенствование методики расчета на прочность сварных соединений магистральных трубопроводов с механической неоднородностью, имеющие существенное значение для развития трубопроводного транспорта нефти и газа и нефтегазовой отрасли РФ, а ее автор, Тигулев Егор Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. - «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Я, Земенкова Мария Юрьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов» Института транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», доктор технических наук по специальности 05.26.02 - «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (нефтегазовая промышленность)»; доцент



Земенкова Мария Юрьевна
Муземенкова Ю.
30.01.2024

Земенкова Мария Юрьевна
«30» января 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»
625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень,
ул. Володарского, 38
Телефоны: +7 (3452) 28-36-70, факс: +7(3452) 28-36-60
Электронная почта: zemenkovamj@tyuiu.ru, muzemenkova@mail.ru