

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук,  
доцента **Земенковой Марии Юрьевны** на диссертационную работу  
**Мамедовой Эльмиры Айдыновны**

**«Совершенствование методов оценки и мониторинга изгибных  
напряжений в стенках труб подземных магистральных  
нефтегазопроводов»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация  
нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

### **1. Актуальность темы диссертации**

Диссертационная работа посвящена актуальной теме, которая соответствует приоритетным направлениям технологического развития нефтегазового комплекса на отраслевом и государственном уровне. Системный мониторинг параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) магистральных трубопроводов можно разделить на два основных этапа, первый из которых связан с обеспечением инструментальной базы и процессов диагностирования и контроля, а второй – с корректной математической обработкой и интерпретацией баз данных. Качественно подготовленная информация о надежности линейной части магистральных нефте- и газопроводов необходима не только для эффективной организации системы технического обслуживания и ремонта, но и для обеспечения современных требований промышленной безопасности, являясь основой для принятия решений на всех стадиях жизненного цикла объекта.

Комплекс решаемых в диссертации задач соответствует директивам «Программы инновационного развития ПАО «Транснефть» на период 2017-2021гг.» (п.4.2.- «Разработка и внедрение системы мониторинга технического состояния магистральных трубопроводов»), «Программы инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025г.» (п.5.5. – «Технологии повышения эксплуатационной надежности объектов ГТС»), способствует развитию современных технологий мониторинга технического состояния и надежности объектов, реализации государственной программы цифровизации (НП «Цифровая экономика РФ» (от 4.06.2019 г.№7), «Основы государственной политики РФ в области промышленной безопасности до 2025 года и дальнейшую перспективу» (от 06.05.2018 №198)) и др.

Таким образом, тема диссертационного исследования является актуальной и направлена на создание современной системы оценки и мониторинга параметров напряженно-деформированного состояния линейной части газонефтепроводов.

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

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

Результаты работы получены автором по итогам математического, численного моделирования и экспериментальных исследований на базе испытательного стенда, с применением сертифицированного современного измерительного и диагностического оборудования.

Теоретическое обоснование выполнено с использованием положений классической строительной механики, основ диагностики, теории вероятности и математической статистики, методологии проведения научных исследований, материаловедения, теории надежности, современных средств математического моделирования.

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

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

- разработаны и научно обоснованы математические зависимости для оценки действительных значений радиусов изгиба для двух граничных случаев относительно истинного значения радиуса; абсолютного значения разности между максимальными изгибными напряжениями (расчетным и истинным) от минимального шага измерений при разных значениях абсолютной погрешности трассопоискового оборудования;

- разработана и научно обоснована математическая модель для определения минимального шага измерений пространственного положения трассы подземных магистральных нефтегазопроводов при мониторинге НДС с поверхности грунта с учетом погрешности трассопоискового оборудования, определены значения коэффициентов, входящих в математическую модель для трубопроводов номинальным диаметром 820, 1020, 1220 и 1420 мм;

- установлены эмпирические зависимости изменения коэрцитивной силы, экспериментально измеренной в продольном направлении трубопровода, от величины продольных напряжений, вызванных действием поперечного изгиба и внутреннего давления, на базе модельного стенда, получены и обоснованы выражения для нахождения сжимающих и растягивающих напряжений в сечении трубопровода по коэрцитивной силе с учетом внутреннего давления;

- разработана методика и алгоритм оценки начальных изгибных деформаций в стенках нефте- и газопроводов, предусматривающие сочетание и последовательное использование метода оценки НДС на основе определения пространственного положения.

Преимуществом диссертационной работы, несомненно, является оригинальный комплексный подход, основанный на оценке параметров НДС в динамике, с учетом базовых начальных показателей, который может быть реализован на основании группы методов с применением современных оптоволоконных технологий.

**Достоверность** полученных результатов и теоретических выводов обеспечена результатами экспериментальной проверки, корректным теоретическим обоснованием и планированием эксперимента, применением современных методов математической статистики и анализа данных, результатами верификации и апробации. Отмечена согласованность результатов с ранее опубликованными работами других авторов.

Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на региональных, всероссийских и международных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

#### **4. Значимость полученных результатов для науки и практики**

Разработанные соискателем теоретические положения, зависимости и алгоритмы представляют собой научные основы для развития нового комплексного адаптивного подхода к оценке напряженно-деформированного состояния магистральных нефтегазопроводов с возможностью оценки базового НДС трубопровода.

Автором предложена оригинальная методика комплексного поэтапного диагностирования трубопроводов с вводимой в эксплуатацию системой мониторинга НДС и алгоритм для ее реализации, позволяющая оценить нулевые (начальные) деформации нефтегазопроводов, на основании комбинированного метода оценки НДС с определением пространственного положения трубопровода и магнитного метода оценки НДС в выбранных сечениях трубопровода с применением коэрцитиметрического метода.

В диссертации обоснована целесообразность применения комплексного метода мониторинга, рационально сочетающего «масштабный» метод оценки изгибных напряжений по профилю оси трубопровода с поверхности грунта и «локальный» магнитный метод, основанный измерении и последующем анализе коэрцитивной силы металла труб.

Полученные автором зависимости для определения действительных значений радиусов изгиба для граничных случаев отклонений относительно фактического значения радиуса изгиба и оценки абсолютного значения разности между расчетными и истинными изгибными напряжениями в зависимости от минимального шага измерений при разных значениях абсолютной погрешности могут быть использованы для обоснования заданной точности оценки напряженно-деформированного состояния.

Разработанная математическая модель определения минимального шага измерений пространственного положения подземных магистральных нефтегазопроводов для оценки напряженно-деформированного состояния с поверхности грунта при известном значении погрешности трассопоискового оборудования для трубопроводов диаметром 820...1420 мм и методика оценки коэффициентов могут быть использованы для оптимизации параметров функционирования систем мониторинга напряженно-деформированного состояния с применением волоконно-оптических систем.

Достоинством работы, несомненно, следует считать наличие патентов, реализацию результатов работы при выполнении НИОКР.

Предложенный алгоритм и методика оценки НДС, предусматривающие технологию параллельного и последовательного диагностирования с учетом динамики параметров, на базе мониторинга пространственного положения трубопровода, магнитного метода оценки НДС с измерением коэрцитивной силы металла труб, могут быть использованы для создания экспертных систем мониторинга технического состояния трубопроводов.

Представленный соискателем математический и алгоритмический комплекс может быть использован научно-исследовательскими, проектными и организациями и производственными предприятиями для обоснования параметров технологии мониторинга комплексными методами, оптимизации шага измерений при диагностировании напряжений, подготовки рекомендаций для обеспечения качества оценки НДС трубопроводов.

## **5. Публикации, отражающие основное содержание работы**

Результаты диссертационной работы Мамедовой Э.А. достаточно полно опубликованы в 14 изданиях, из них - 5 в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, а также 2 патента РФ.

Материалы научных публикаций содержат результаты собственных исследований соискателя, научно обоснованные решения поставленных задач.

## **6. Общая оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертационная работа Мамедовой Э.А. изложена на 152 страницах печатного текста (без приложений), состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 143 наименований, содержит 48 рисунков и 20 таблиц.

Диссертация и автореферат изложен грамотно, научным специализированным стилем, последовательно и логично, поставленные задачи сопровождаются предварительным анализом, положения аргументированы, ход решения поставленных задач подробно описан, выводы обоснованы.

Соискателем реализован творческий комплексный системный подход к решению поставленных задач. Автором выполнен достаточно глубокий анализ современных методов оценки напряженно-деформированного состояния, в том числе работ зарубежных авторов и нормативно-технической базы, существующие методы дополнительно классифицированы по наличию информации о фактическом начальном НДС участка трубопровода.

При разработке и обосновании научных положений соискателем проанализированы и учтены такие аспекты как обеспечение точности средств инструментального контроля и результатов расчетов; показана необходимость оценки начального НДС, предложена соответствующая авторская методика и алгоритм мониторинга с применением волоконно-оптических систем; проанализированы отклонения результатов расчетных значений параметров НДС от истинных и предложены зависимости для оценки минимального шага измерений; обоснована целесообразность комбинирования методов диагностирования на различных этапах оценки НДС; выполнены стендовые экспериментальные исследования для реализации алгоритмов оценки НДС с применением коэрцитиметрического метода.

Стоит отметить, что автором грамотно выполнена постановка и планирование экспериментальных исследований с проведением двухфакторного эксперимента на стенде, определены основные параметры и выполнен анализ результатов. Результаты обработки экспериментальных данных и теоретического моделирования представлены в виде многочисленных таблиц и графических зависимостей. Несомненным достоинством работы можно считать подход, ориентированный на первоначальную оценку базовых показателей НДС, что уже является важной и сложной для решения научно-технической и практической задачей.

Таким образом, в диссертационной работе решен комплекс разноплановых научно-технических задач, связанных с реализацией методов

мониторинга параметров НДС с применением оптоволоконных технологий и оценкой параметров напряженно-деформированного состояния линейной части магистральных нефте- и газопроводов. Диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.19- «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», п.1 – «Напряженное состояние и взаимодействие с окружающей средой трубопроводов, резервуаров и оборудования при различных условиях эксплуатации с целью разработки научных основ и методов прочностного, гидравлического и теплового расчетов нефтегазопроводов и газонефтехранилищ», п.6 - «Разработка и усовершенствование методов эксплуатации и технической диагностики оборудования насосных и компрессорных станций, линейной части трубопроводов и методов защиты от коррозии».

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, обладает научной новизной и практической ценностью, содержит материалы исследований, свидетельствующие о корректном решении научных задач.

Считаю, что диссертация Мамедовой Э.А. является завершенным научно-квалификационным трудом, по оформлению, содержанию и качеству материалов отвечает требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ. Автореферат соответствует диссертационной работе, в целом достаточно полно отражает основное содержание научного исследования.

## **7. Замечания и рекомендации по диссертационной работе**

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания:

1) в диссертации подробно рассмотрен достаточно широкий перечень современных технологий мониторинга параметров НДС, однако не указано, на каких стадиях жизненного цикла объектов и при каких сроках эксплуатации трубопроводов преимущественно они применяются;

2) в работе уделено особое внимание оценке коэффициентов  $m$  и  $n$ , однако не показано, имеют ли данные коэффициенты физический смысл и как могут быть интерпретированы технически;

3) из материалов работы не ясно, чем обусловлен диапазон вариации внутреннего давления, создаваемого в стенде;

4) в диссертации приводится достаточно большой объем графической информации и результаты расчетов, однако автору стоило бы более подробно описать границы применимости предлагаемых моделей и алгоритмов.

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

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

Считаю, что диссертационная работа Мамедовой Э.А. «Совершенствование методов оценки и мониторинга изгибных напряжений в стенках труб подземных магистральных нефтегазопроводов» соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (п. 9-14) (ред. от 01.10.2018 №1168, изм. от 26.05.2020 №751).

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи совершенствования методов оценки параметров напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов на основании комплексного диагностирования с применением волоконно-оптических средств мониторинга, имеющее существенное значение для развития нефтегазовой отрасли РФ, а ее автор, Мамедова Эльмира Айдыновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент, доцент кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов» Института транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», кандидат технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (нефтегазовой отрасли)», доцент

Земенкова Мария Юрьевна  
«13» июля 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Почтовый адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38

Телефон: +7 (3452) 28-36-60

Факс: +7 (3452) 53-91-33

E-mail: [muzemenkova@mail.ru](mailto:muzemenkova@mail.ru)

Подпись М.Ю. Земенковой заверяю:

