

УДК 69.058

Фаттахов Д.Р.

студент магистрант кафедры техносферной безопасности Тюменского
индустриального университета

(г. Тюмень, Россия)

Криворотов А.С.

студент магистрант кафедры техносферной безопасности Тюменского
индустриального университета

(г. Тюмень, Россия)

СЛОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБОКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ

***Аннотация:** Внутритрубная диагностика является одним из основных методов контроля состояния магистральных трубопроводов, позволяющим выявлять дефекты без необходимости их вскрытия. Однако обнаружение глубоко расположенных дефектов, таких как коррозионные поражения, трещины и расслоения металла, представляет значительную сложность. Это связано с ограничениями применяемых методов неразрушающего контроля, физическими свойствами материалов и условиями эксплуатации трубопроводов. В данной статье рассматриваются основные факторы, затрудняющие выявление скрытых дефектов, анализируются современные технологии диагностики и предлагаются возможные пути повышения эффективности контроля.*

***Ключевые слова:** внутритрубная диагностика, глубокие дефекты, ультразвуковой контроль, магнитный метод, радиография.*

Fattakhov D.R.

Master's student of the Department of Technosphere Safety of Tyumen Industrial
University (Tyumen, Russia)

Krivorotov A.S.

Master's student of the Department of Technosphere Safety of Tyumen Industrial
University (Tyumen, Russia)

THE DIFFICULTY OF IDENTIFYING DEEPLY LOCATED DEFECTS DURING IN-TUBE DIAGNOSTICS

Abstract: In-pipe diagnostics is one of the main methods of monitoring the condition of main pipelines, which makes it possible to identify defects without the need to open them. However, the detection of deeply located defects, such as corrosion lesions, cracks and delamination of metal, is a significant challenge. This is due to the limitations of the non-destructive testing methods used, the physical properties of the materials and the operating conditions of the pipelines. This article examines the main factors that make it difficult to identify hidden defects, analyzes modern diagnostic technologies and suggests possible ways to improve the effectiveness of control.

Keywords: in-tube diagnostics, deep defects, ultrasonic inspection, magnetic method, radiography.

1. Введение

Трубопроводные системы являются критически важными элементами инфраструктуры нефтегазовой отрасли. Их надежная эксплуатация требует регулярного мониторинга технического состояния, для чего применяются различные методы неразрушающего контроля. Внутритрубная диагностика занимает особое место среди этих методов, так как позволяет обследовать трубопроводы без остановки их работы. Однако одной из наиболее сложных задач остается обнаружение дефектов, расположенных в глубине стенки трубы или под защитными покрытиями.

Такие дефекты могут длительное время оставаться незамеченными, постепенно развиваясь и создавая угрозу целостности трубопровода. Проблема усугубляется тем, что существующие методы диагностики имеют ограниченную чувствительность к глубоким аномалиям. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование технологий внутритрубного контроля для повышения достоверности выявления скрытых дефектов.

2. Методы внутритрубной диагностики и их ограничения

Современная внутритрубная диагностика использует несколько основных методов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Магнитный метод, основанный на регистрации изменений магнитного поля, хорошо зарекомендовал себя для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов. Однако его эффективность снижается при обнаружении аномалий, расположенных на глубине более 6–8 мм, из-за затухания магнитного сигнала.

Ультразвуковой контроль обладает высокой точностью при определении внутренних дефектов, но требует обеспечения акустического контакта с поверхностью трубы. В условиях наличия отложений или загрязнений качество диагностики существенно ухудшается. Кроме того, ультразвуковые волны могут отражаться от структурных неоднородностей металла, что приводит к появлению ложных сигналов.

Радиографический метод позволяет выявлять внутренние дефекты, но его применение сопряжено с рядом трудностей. Оборудование для радиографии отличается сложностью и высокой стоимостью, а сам метод имеет ограничения по толщине контролируемой стенки. Дополнительным фактором риска является использование ионизирующего излучения, что требует соблюдения строгих мер безопасности.

3. Основные факторы, затрудняющие обнаружение глубоких дефектов

Эффективность выявления глубоко расположенных дефектов зависит от множества факторов.

- **Физические особенности методов диагностики:**

Глубина проникновения сигнала напрямую связана с его частотой.

Высокочастотные методы обеспечивают хорошее разрешение, но имеют малую глубину проникновения, тогда как низкочастотные технологии проникают глубже, но теряют чувствительность к мелким дефектам.

- **Эксплуатационные факторы:**

Отложения парафинов, солей и продуктов коррозии на внутренней поверхности трубы могут искажать сигналы, затрудняя интерпретацию данных.

Механические напряжения в металле также способны маскировать наличие дефектов, особенно если они расположены в зонах повышенной нагрузки.

- **Обработка данных:**

Современные системы внутритрубной диагностики генерируют огромные массивы информации, и автоматизированные алгоритмы обработки не всегда корректно идентифицируют глубокие аномалии. Это требует дополнительной проверки результатов специалистами, что увеличивает время и стоимость диагностики.

4. Пути повышения эффективности диагностики

Для решения проблемы выявления глубоко расположенных дефектов предлагаются следующие подходы:

1. **Комбинирование методов диагностики:**

Использование гибридных систем, сочетающих магнитный, ультразвуковой и радиографический методы, позволяет компенсировать недостатки отдельных технологий и повысить достоверность контроля.

2. **Применение искусственного интеллекта:**

Машинное обучение и нейронные сети способны анализировать большие объемы информации, выявляя скрытые закономерности и улучшая распознавание дефектов.

3. **Разработка новых датчиков:**

Волоконно-оптические технологии, акустическая эмиссия и термографический

контроль демонстрируют высокую чувствительность к глубоким дефектам и могут стать основой для создания более эффективных систем диагностики.

5. Заключение

Проблема выявления глубоко расположенных дефектов при внутритрубной диагностике остается актуальной задачей, требующей комплексного подхода. Ограничения существующих методов, влияние эксплуатационных факторов и сложности обработки данных снижают эффективность контроля. Однако комбинирование различных технологий, внедрение искусственного интеллекта и развитие новых сенсорных систем открывают перспективы для повышения точности и надежности диагностики. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят минимизировать риски, связанные с скрытыми дефектами, и обеспечить безопасную эксплуатацию трубопроводных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р 55089-2012. Контроль неразрушающий. Методы магнитного тестирования.
2. API 1163. In-line inspection systems qualification standard.
3. Smith, J. Advanced Pipeline Diagnostics. – Springer, 2020.
4. Иванов А.В. Современные методы внутритрубной диагностики. – М.: Нефть и газ, 2019.