

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Белов Д.А.¹

Научный руководитель – докт. техн. наук, профессор Иванов В.А.¹

¹Тюменский индустриальный университет

bda_2001@mail.ru

Введение

Постоянный рост объемов диагностической информации создает потребность в автоматизации процессов анализа для своевременного выявления критических зон износа стенки резервуаров в условиях длительной эксплуатации в нефтегазовом секторе.

Существующий отечественный и зарубежный опыт показывает, что аналитические модели не всегда корректно учитывают стохастический характер развития коррозионных процессов [1-4]. Анализ данных осложняется высоким уровнем шума первичных сигналов и многофакторностью воздействия на конструкцию [5]. Научная проблема заключается в отсутствии универсального алгоритма, способного с высокой достоверностью классифицировать опасность дефектов в условиях неопределенности и неполноты исходных данных о состоянии металла.

Данная работа посвящена первому этапу разработки интеллектуальной системы, направленной на автоматизацию распознавания дефектов. Целью исследования является создание базисной модели машинного обучения, способной выполнять первичную фильтрацию и ранжирование аномалий по степени их опасности. Использование адаптивных подходов к обработке сигналов позволяет заложить фундамент для перехода к предиктивному обслуживанию сложных технических систем [6].

Основная часть

В рамках первого этапа исследования была разработана концепция системы интеллектуальной поддержки принятия решений при оценке опасности локальных дефектов. Суть предлагаемого решения заключается в использовании архитектур глубокого обучения для автоматизированной сегментации и анализа морфологии коррозионных поражений. Это позволяет сформировать качественный обучающий датасет, в котором каждый дефект соотносится с конкретным уровнем риска выхода конструкции из строя.

Техническая реализация системы базируется на применении сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа графических представлений дефектограмм. Данный подход позволяет извлекать пространственные признаки повреждений, которые могут быть пропущены при стандартном визуальном осмотре. Модель обучается распознавать специфические паттерны, характерные для различных типов коррозии, включая язвенную и сквозную, что критически важно для оценки герметичности сосуда.

Оптимизация структуры нейронной сети осуществляется с использованием генетических алгоритмов, что позволяет автоматически подбирать весовые коэффициенты и архитектурные параметры [6,7]. Это решение обеспечивает высокую адаптивность модели к различным типам резервуаров и условиям их эксплуатации. Применение таких методов позволяет значительно сократить ошибку распознавания на этапе тестирования, обеспечивая устойчивость алгоритма к аномальным выбросам в данных.

Важным аспектом предлагаемого метода является учет напряженно-деформированного состояния в зоне дефекта как дополнительного входного параметра. Хотя первый этап сосредоточен на морфологии повреждений, интеграция данных о

давлении и нагрузках позволяет модели учитывать физический контекст возникновения опасности. Такой синтез геометрических и физических данных повышает достоверность бинарной классификации зон на «критические» и «допустимые» без проведения трудоемких численных расчетов.

Предложенная концепция позволяет сформировать базу для создания полноценного цифрового двойника объекта на последующих этапах исследования. Автоматизированная система классификации дефектов функционирует в рамках единого информационного пространства, что упрощает агрегацию данных для долгосрочного прогнозирования. Использование современных систем искусственного интеллекта на данном этапе подтверждает возможность эффективного замещения рутинных операций экспертного анализа программными комплексами.

Выводы

Проведенные на первом этапе исследования показали, что методы машинного обучения демонстрируют высокую точность при первичной идентификации зон опасности в стенках резервуаров. Внедрение систем машинного обучения для оценки дефектов обеспечивает сокращение затрат на проведение внеплановых диагностических обследований и минимизирует вероятность экологических катастроф, связанных с разливом нефтепродуктов.

Предложенный метод сокращает время анализа данных дефектоскопии и позволяет концентрировать внимание специалистов на наиболее опасных участках конструкции.

Дальнейшее развитие работы предполагает переход ко второму этапу – созданию прогностических моделей динамики развития дефектов во времени. Планируется расширение функционала системы за счет внедрения алгоритмов адаптивного управления и глубокого обучения с подкреплением [6]. Это обеспечит создание комплексной системы предиктивной аналитики, способной гарантировать промышленную безопасность резервуарных парков в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Тиханов Е. А., Тарасенко А. А., Чепур П. В. Анализ экономической эффективности диагностирования вертикальных стальных резервуаров без снятия защитного покрытия // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-2. С. 404–408.
2. Mirkin B., Gutman P. O. Lyapunov-based adaptive output-feedback control of MIMO nonlinear plants with unknown, time-varying state delays // *Proc. 9th IFAC Workshop on Time Delay Systems*. Prague, Czech Republic, 2010. Part. 1. P. 33–38. <https://doi.org/10.3182/20100607-3-CZ-4010.00008>
3. Фастович В. В. Влияние искусственного интеллекта на повышение эффективности управления в нефтегазовой отрасли // *Финансы и управление*. 2025. № 2. С. 157–173.
4. Тарасенко А. А., Чепур П. В., Шарков А. Е., Гретченко Д. А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-8. С. 1703–1708.
5. Белов Д. А., Иванов В. А., Земенкова М. Ю. Цифровизация при контроле технического состояния резервуаров для нефтепродуктов в системе обеспечения промышленной безопасности // *Тюменский научный журнал*. 2025. № 4. С. 32–37.
6. Ибрагимов А. А. Расчетная модель и алгоритм определения остаточного ресурса трубопровода в условиях периодических изменений напряжений и коррозии // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2014. – №. S4. – С. 199-206.
7. Stoicescu A. A. et al. Multifactorial analysis of defects in oil storage tanks: Implications for structural performance and safety // *Processes*, 2025. Vol. 13. №. 8. P. 2575.1-2575.35. <https://doi.org/10.3390/pr13082575>