

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СОЧЕТАНИЯ ДАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

© 2025 г. Николай Владимирович Крысько^{1,2*}, А.Г. Кусый^{1,2**}

¹ – МГТУ имени Н. Э. Баумана, 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

² – ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

* - kryskonv@bmstu.ru; ** - andrei.k.166@mail.ru

Цель работы. Определить основные принципы сочетания данных физических методов неразрушающего контроля (НК) магистральных трубопроводов, разработать подходы к их интеграции для прогнозирования типа и параметров дефектов и оценить возможности практической реализации данных методов. Провести анализ влияния отдельных информационных параметров, полученных различными методами НК, на прогнозирование типа и параметров дефектов. Произвести обучение моделей совместного анализа данных и оценить их эффективность по подходящим метрикам.

Суть обсуждаемой проблемы. Магистральные трубопроводы являются основным средством транспортировки углеводородов и эксплуатируются в сложных внешних условиях, что приводит к развитию дефектов, связанных с коррозией, усталостным разрушением, механическими повреждениями и деградацией сварных соединений. Для обеспечения их безопасной и длительной эксплуатации необходимо применение различных методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковой, радиографический, вихретоковый, магнитопорошковый и визуально-измерительный контроль [1]. Однако отдельное применение каждого из этих методов может приводить к неоднозначной интерпретации результатов, особенно в случаях наличия дефектов, имеющих сложные геометрические особенности. Например, ультразвуковой контроль эффективен для выявления внутренних дефектов, но может показывать ложные срабатывания из-за наличия отражателей, обусловленных геометрическими особенностями сварных соединений. Радиографический контроль позволяет визуализировать внутренние дефекты в сварных швах, но ограничен в выявлении поверхностных плоскостных коррозионных повреждений. Вихретоковый метод чувствителен к трещинам и поверхностным дефектам, но имеет ограничения при анализе внутренних повреждений [2]. В результате возникает необходимость сочетания данных различных методов неразрушающего контроля, что позволяет компенсировать их индивидуальные ограничения и обеспечить более достоверную оценку технического состояния трубопровода. Сочетание данных является процессом объединения различных данных для получения более качественной информации, чем информация от одного источника [3]. Для задач оценки качества

магистральных трубопроводов необходимо создание модели сочетания данных на основе таких подходов как статистические алгоритмы, теория нечетких множеств и машинное обучение, которые позволят на основе совместного рассмотрения данных различных методов НК оценивать тип и параметры выявленных дефектов.

Полученные результаты. В рамках исследования были определены ключевые информационные параметры, получаемые при неразрушающем контроле НК сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Установлена неоднозначность классификации и оценки характеристик дефектов, обусловленная различными факторами, влияющими на результаты контроля. Проведен анализ степени влияния информационных параметров методов НК на точность классификации и оценку дефектов. Разработаны модели совместного анализа результатов НК, позволяющие прогнозировать тип и параметры дефектов.

Выводы. Определены информационные параметры различных методов НК, которые могут быть использованы в качестве входных данных для моделей прогнозирования типа и параметров дефектов. Построены модели сочетания данных методов НК при контроле основного металла и сварных швов магистральных трубопроводов, оценена их работоспособность и определена оптимальная модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Газпром 15-1.3-004-2019. Сварка и неразрушающий контроль сварных соединений. Неразрушающие методы контроля качества сварных соединений промышленных и магистральных газопроводов.
2. *Алешин Н.П.* Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2019. 576 с.
3. *Haghighat M., Abdel-Mottaleb M., Alhalabi W.* Discriminant Correlation Analysis: Real-Time Feature Level Fusion for Multimodal Biometric Recognition // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2016. V. 11. P. 1984–1996.