

# СОЧЕТАНИЕ ДАННЫХ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

© 2024 г. Крысько Николай Владимирович<sup>1,2\*</sup>, С. В. Скрынников<sup>3\*\*</sup>,  
А. Г. Кусый<sup>1,2\*\*\*</sup>

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

<sup>2</sup> – ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», 105005 Москва, ул. 2-ая

<sup>3</sup> – ПАО «Газпром», 117997 Москва, ул. Наметкина, 16, ГСП-7

\* - kryskonv@bmstu.ru; \*\* - S.Skrynnikov@adm.gazprom.ru; \*\*\*- andrei.k.166@mail.ru

**Цель работы.** Определить информационные параметры, получаемые из данных неразрушающего контроля (НК) сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Определить неоднозначность классификации и оценки параметров дефектов сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Определить степень влияния информационных параметров методов НК на классификацию и оценку параметров дефектов сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Разработать модели совместного анализа данных НК сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов и оценить их работоспособность.

**Суть обсуждаемой проблемы.** Сегодня во всем мире существует и продолжает сооружаться большое количество магистральных трубопроводов. При сооружении магистральных трубопроводов производится большое количество стыковых кольцевых сварных соединений, выполненных дуговой сваркой. Данные сварные соединения склонны к наличию таких дефектов как трещины, несплавления с кромкой, поры, неметаллические включения, подрезы, непровары в корне шва, дефекты геометрии шва и т.п., классификация которых регламентирована в [1]. При эксплуатации трубопроводов основную часть дефектов составляют поверхностные коррозионные повреждения основного металла, возникающие под воздействием внешней среды [2-3]. Такие дефекты можно разделить на плоскостные, например, стресс-коррозионные трещины, и объемные – местная коррозия (питинги, свищи т.д.) [4]. Для обеспечения длительной безопасной эксплуатации магистральных трубопроводов в настоящее время актуально развитие технологий диагностирования с применением комплекса методов неразрушающего контроля, таких как визуальный и измерительный, вихретоковый, радиографический и ультразвуковой, позволяющих производить классификацию данных дефектов и определять их параметры в автоматическом режиме. Данные, собранные разными системами неразрушающего контроля, могут быть противоречивыми, неполными или неоднозначными, если анализировать результаты различных методов неразрушающего контроля по отдельности. Цифровые технологии сочетания данных используются для объединения информации,

полученной несколькими методами неразрушающего контроля, и применяются для принятия решений о состоянии объекта контроля, что позволяет существенно уменьшить вероятность ошибочной интерпретации данных контроля, связанных с человеческим фактором. Для задач оценки качества магистральных трубопроводов необходимо создать 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.** Определены информационные параметры, получаемые из данных неразрушающего контроля (НК) сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Определена неоднозначность классификации и оценки параметров дефектов сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Определена степень влияния информационных параметров методов НК на классификацию и оценку параметров дефектов сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов. Разработаны модели совместного анализа данных НК сварных швов и основного металла магистральных трубопроводов и оценена их работоспособность.

**Выводы.** На основе сформированного набора данных, содержащих дефекты сварных швов и основного металла, определен вектор входных информационных параметров различных методов НК, состоящих из 6 параметров для контроля основного металла и 23 параметров для контроля сварных швов. Данные параметры не имеют зависимости между собой, а также в равнозначной степени вносят информацию для классификации и определения параметров дефектов. Построены модели сочетания данных методов НК при контроле основного металла и сварных швов магистральных трубопроводов, оптимальной моделью согласно выбранным метрикам является модель на основе «градиентного бустинга» [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012. Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением.
2. Давыдова Д.Г. Дефекты технологических трубопроводов: типология, оценка влияния на эксплуатацию // Промбезопасность-Приуралье. 2012. № 8. С. 24—28.
3. Ерехинский Б.А., Маслаков С.В., Шустов Н.И., Митрофанов А.В., Барышев С.Н., Заряев М.Ю., Кравцов А.В., Егоров С.В. Растрескивание металла задвижек фонтанной арматуры газодобывающих скважин северных месторождений // Территория Нефтегаз. 2014. № 2. С. 31—36.
4. Бутусов Д. С., Егоров С. И., Завьялов А. П., Ляпичев Д. М. Коррозионное растрескивание под напряжением газопроводов: Учебное пособие. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015. 80 с.
5. Zhiyuan He, Danchen Lin, Thomas Lau, Mike Wu. Gradient Boosting Machine: A Survey. 2019 // arXiv:1908.06951.