

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРН-ТРЕЩИН ПРИ ВНУТРИТРУБНОЙ МАГНИТНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

© 2025 г. Юрий Леонидович Гобов<sup>1\*</sup>,

<sup>1</sup> – ИФМ УРО РАН, 620108 Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18

\* - go@imp.uran.ru

На текущий момент более трети аварий на магистральных газопроводах (МГ) Единой системы газоснабжения (ЕСГ) ПАО «Газпром» происходит в результате развития дефектов стресс-коррозии или коррозионного растрескивания под напряжением (КРН). В мировой практике среди всех остальных причин аварий МГ этот вид повреждения трубопроводов имеет наибольший удельный вес.

Метод MFL (метод магнитного потока рассеяния) не выявляет достоверно неглубокие (менее 15 % толщины стенки трубопровода) стресс-коррозионные трещины из-за того, что магнитный сигнал от внешней трещины глубиной 5-15 % сопоставим по амплитуде с уровнем шума, который регистрируется датчиками из-за шероховатости внутренней поверхности трубопровода.

Необходимо отметить, что в настоящее время по магнитограммам реальных дефектов КРН, обнаруженных на магистральных газопроводах внутритрубными дефектоскопами, MFL установлено, что они способны обнаруживать трещины КРН с глубиной, меньше 15 %. Другой вопрос, что уверенное (с вероятностью, не ниже 80 %) выявление и идентификация магнитными методами стресс-коррозии глубиной менее 15 % от толщины стенки в настоящее время считается невозможным.

Для мониторинга КРН необходимо с высокой достоверностью не только обнаруживать, но и идентифицировать все трещины (одиночные и в колониях) с глубиной 10 % и даже меньше. Такая идентификация может быть, если создать внутритрубный снаряд, измеряющий поля рассеяния от дефектов в двух разных полях намагничивания трубы. Для проектирования подобного внутритрубного магнитного дефектоскопа необходима упрощенная аналитическая модель, объясняющая изменения полей от трещины с изменением приложенного магнитного поля Н0.

В работе [1] предложена новая математическая модель на основе упрощенной расчетной схемы магнитной цепи, описывающей обтекание магнитным потоком поверхностного дефекта в пластине. Такая модель позволяет рассмотреть с общих позиций дефекты типа трещин и широкие дефекты (типа коррозионные язвы и питтинговая коррозия, у которых ширина больше или равна глубине). Предложенная модель позволяет рассмотреть различные типы дефектов и определить, в каких случаях поля рассеяния от трещин будут существенно отличаться от других типов дефектов.

По результатам расчета математической модели были разработаны внутритрубные снаряды для продольного и поперечного намагничивания, реализующие одновременно два поля  $H_0$  в каждом снаряде.

На рис. 1 приведены результаты численного моделирования полей рассеяния ( $H_x$ - $H_0$ ) от дефектов в приложенных полях, реализованных в этих снарядах ( $H_0=100$  А/см и  $H_0=200$  А/см).

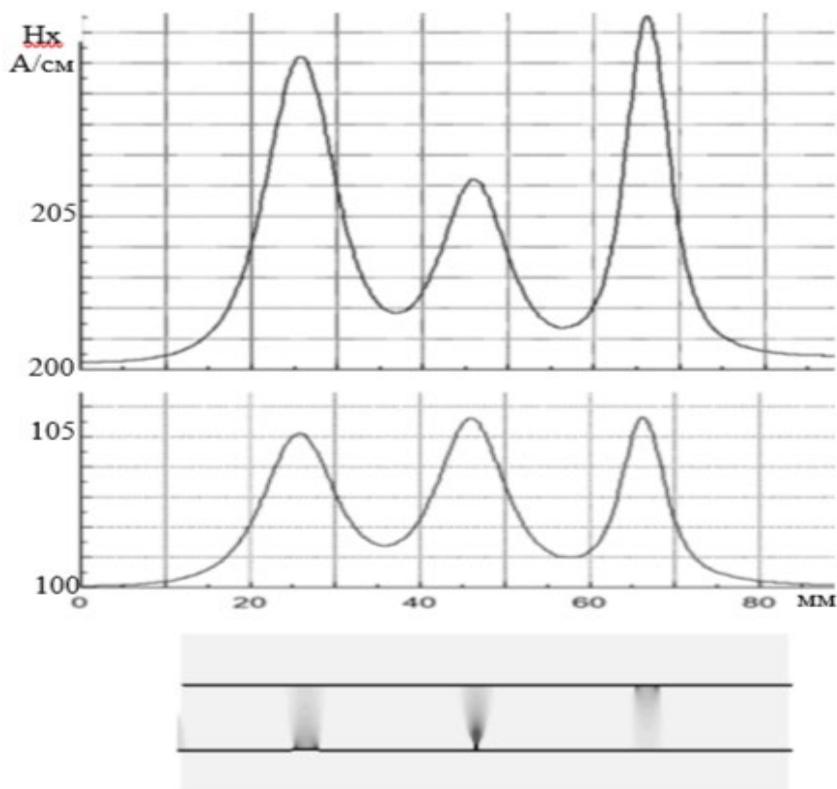


Рис. 1. Поле рассеяния ( $H_x$ - $H_0$ ) в пластине ( $D = 10$  мм), создаваемое трещиной глубиной  $h=1$  мм, раскрытием  $b=50$  мкм и канавками шириной 3 мм ( $b=0,25$  мм с «внутренней» поверхности и  $b=0,2$  мм с «открытой» поверхности)

Из рис. 1 видно, что поля рассеяния от широких дефектов (дефекты типа общей коррозии) увеличились примерно в два раза при увеличении поля  $H_0$  от 100 до 200 А/см. А поле от трещины не изменилось. В таком случае трещину легко идентифицировать на фоне помех от мелких дефектов типа коррозии, даже если эти дефекты расположены с «открытой» поверхности, то есть со стороны измерения магнитного поля.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гобов Ю.Л. Идентификация трещин и математическая модель магнитостатического поля дефектов в пластине // Дефектоскопия. 2024. № 4. С. 28–38.

