

# УСТОЙЧИВОЕ К ОШИБКАМ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФЕКТА ФЕРРОМАГНЕТИКА

Никитин А.В., Михайлов А.В., Попов С.Э., Гобов Ю.Л.  
ИФМ УрО РАН, ул. С.Ковалевской, 18  
an.@imp.uran.ru

В настоящее время в дефектоскопии преобладает следующий подход к решению обратной геометрической задачи магнитостатики. Тем или иным образом исследуются значения компонент магнитных полей рассеяния над поверхностью металла, полученные в результате экспериментов, либо в результате решения прямой задачи, используя различные модели дефектов [1-2]. Затем, на основе этой информации, строятся выводы о геометрии исследуемой аномалии, вызвавшей появление магнитного поля рассеяния без непосредственного решения обратной задачи.

Другой подход состоит в восстановлении геометрии аномалии произвольной формы путем непосредственно решения обратной задачи на основе измеренных в воздухе, над металлом, значений компонент магнитного поля. К таким работам относится, например [3]. В данной работе, в линейном приближении зависимости  $B(H)$ , восстанавливается геометрия дефекта, по измеренному прямо над ним магнитному полю.

В настоящей работе рассматривается конфигурация, характерная для случая внутритрубной дефектоскопии, когда преобразователи магнитного поля и дефекты находятся на противоположных сторонах ферромагнитной пластины и нет способа установить магнитные преобразователи прямо над дефектом.

Ранее, в работах [4-5] показано, что геометрия дефекта в 2D и 3D случае, с учетом нелинейных магнитных свойств ферромагнетика, строится по силовой линии восстановленного поля, полученной в результате решения дифференциального уравнения, например, методом Эйлера. Однако, полученная таким способом силовая линия не устойчива к шуму во входных данных, при измерениях компонент магнитного поля.

Гораздо большую устойчивость (до 5% шума) имеет силовая линия построенная как кривая, наиболее близкая (в смысле среднеквадратичного отклонения) к углам наклона силовой линии ( $dZ/dX$ ) в узлах сетки. Кроме того, данный метод позволяет использовать на первом этапе значения поля, полученные на разных слоях сетки с меньшим шумом. После нескольких итераций получаем силовую линию, устойчивую к неточностям во входных данных — силовая линия остается стабильной при внесении 5% однородного шума в значения измеренных компонент магнитного поля.

На Рис.3 изображена полученная описанным выше способом силовая линия при добавлении 3% шума к начальным данным, и вызвавший аномальные поля рассеяния дефект.

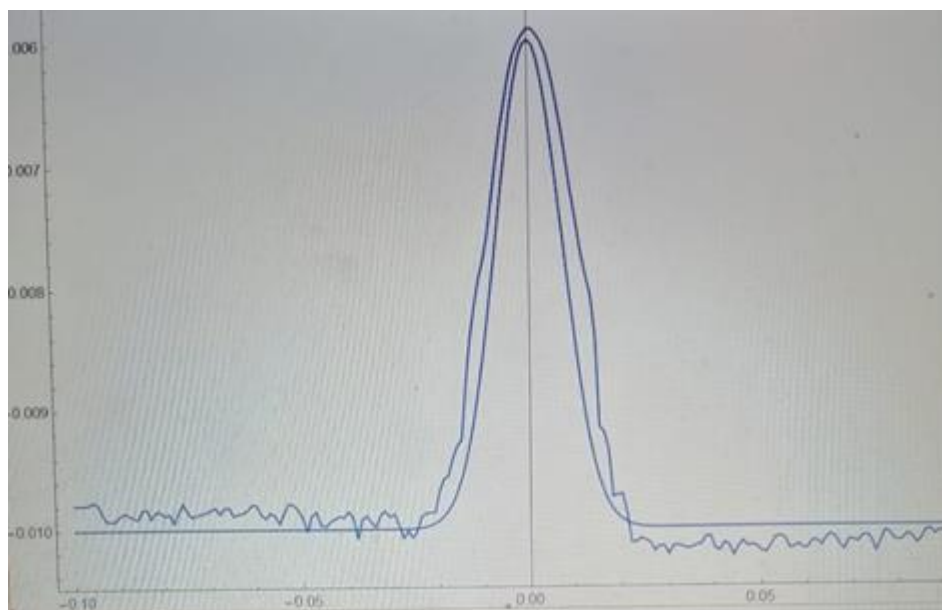


Рис. 3 Силовая линия при добавлении 3% однородного шума к измеренным значениям поля и форма дефекта.

## Литература

- 1) Анализ моделей дефектов в теоретических исследованиях магнитных полей рассеяния, возникающих при намагничивании ферромагнитных объектов /Кушнер А.В., Новиков В.А. //Вестник Белорусско-Российского Университета 2014 №1(42)
- 2) К расчету магнитостатического поля поверхностных дефектов. 1 Топография полей моделей дефектов/Н.Н. Зацепин, В.Е. Щербинин//Дефектоскопия 1966, №5 с 50-58
- 3) Krotov, L.N., Reconstruction of a media interface from the spatial distribution of a magnetic stray field: I. Analysis of the properties of the solution of the auxiliary direct problem (linear approximation), *Russ. J. Nondestr. Test.*, 2004, vol. 40, no. 2, pp. 130–134.
- 4) Solving the Inverse Geometric Problem of Magnetostatics for Corrosion Defects / Yu. L. Gobov, A. V. Nikitin, S. E. Popov // *Russian journal of nondestructive testing*. — 2018. — V. 54. — P. 726—732.
- 5) Solving the Inverse Geometric Problem of Magnetostatics for Corrosion Defects with Allowance for Nonlinear Properties of Ferromagnet / Yu. L. Gobov, A. V. Nikitin, S. E. Popov // *Russian journal of nondestructive testing*. — 2018. — V. 54. — P. 849—854.