

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/18-67

Ссылка для цитирования этой статьи:

Смарунь А.Б. Программное разделение дефектов магистральных трубопроводов на внешние и внутренние // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2018. №2

УДК 622.692.4

ПРОГРАММНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ

Смарунь А.Б.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, sab220347@yandex.ru

SOFTWARE SEPARATION DEFECTS OF PIPELINES FOR INTERNAL AND EXTERNAL

Smarun A.B.

Yuri Gagarin State University of Saratov, Russia, Saratov,
sab220347@yandex.ru

Аннотация. В работе показано, что программное разделение дефектов потери металла магистральных трубопроводов на внешние и внутренние возможно. Разработан алгоритм разделения дефектов на внешние и внутренние, использующий только стандартную информацию о магнитном поле рассеяния от дефекта.

Ключевые слова: трубопровод, дефект внешний, дефект внутренний, программное разделение

Abstract. It is shown that the software separation of metal loss defects of main pipelines to external and internal is possible. An algorithm for separation of defects into external and internal, using only standard information about the magnetic field of scattering from the defect.

Keywords: tubing, external defect, defect internal, software division

Для выявления дефектов потери металла на трубах магистральных трубопроводов используются специальные инспекционные дефектоскопы [1]. Их работа основана на физическом принципе рассеяния (утечки) магнитного поля в стенке трубы в месте ее неоднородности, создаваемой дефектом [2]. Инспекционные снаряды создают магнитное поле в трубах и записывают его состояние, используя, как правило, либо датчики Холла, либо вихретоковые

датчики. Анализ записей состояния магнитного поля производится специальными программами [3]. В процессе анализа происходит обнаружение дефектов, их классификация и определение геометрических характеристик. Одной из задач, решаемых при анализе магнитного поля, является задача разделения дефектов по их расположению на внешней или внутренней стенках трубы. Важность такого разделения дефектов обусловлена различными механизмами образования и скорости коррозии для внешних и внутренних дефектов, а, следовательно, и разной степенью опасности для правильного функционирования трубопровода. В экспертном сообществе существует мнение, что по сигналам, фиксируемым датчиками Холла при нормальной работе магнитной системы инспекционного снаряда, разделить дефекты на внутренние и внешние невозможно. Поэтому либо используются одновременно два типа датчиков магнитного поля датчики Холла и вихретоковые датчики, либо создается специальная дополнительная магнитная система не промагничивающая весь металл трубы и поэтому не фиксирующая внешние дефекты.

В настоящей работе рассматривается алгоритм разделения дефектов магистральных трубопроводов программно, то есть по сигналам только одних датчиков Холла и при нормальной работе магнитной системы инспекционного снаряда. Расчеты магнитного поля в стальных пластинках с дефектами любезно предоставлены автору ЗАО ГПАС.

Для теоретического исследования был выбран дефект представляющий собой сферический сегмент, полученный вдавливанием сферы радиуса 25 мм в стальную пластинку на глубину 7 мм. Такой дефект схематично показан на рис. 1.

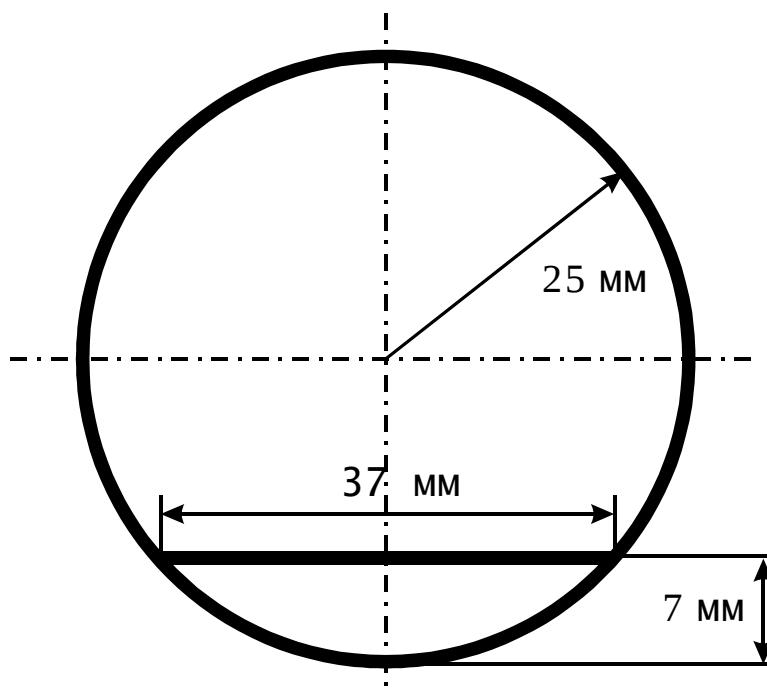


Рис. 1.

Средствами математического моделирования магнитных полей было получено магнитное поле около стальной пластинки искаженное дефектом рис. 1. Магнитное поле измерялось на расстоянии 5 мм от стенки пластинки. Расстояние между точками измерения (датчиками Холла) поля нормально к силовым линиям поля было 5 мм. Условное движение сборки датчиков Холла (движение инспекционного прибора) происходило вдоль силовых линий поля. Дискретность измерения поля в направлении силовых линий составляла 5 мм.

Магнитное поле, измеренное непосредственно над дефектом, изображено на рис. 2. Каждая линия представляет собой показания одного датчика Холла. Такое магнитное поле соответствует внутреннему дефекту.

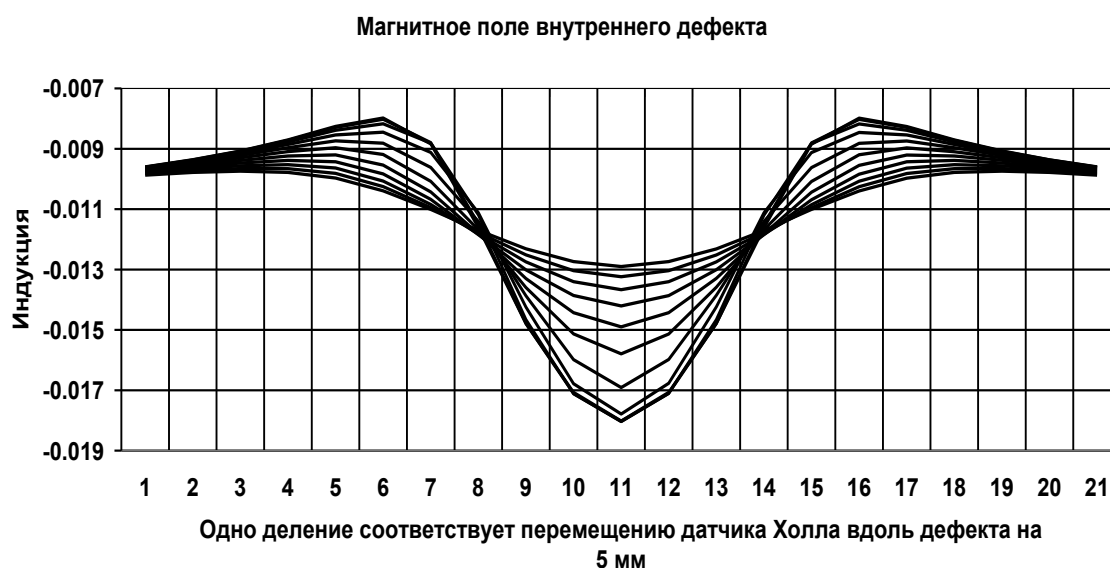


Рис. 2.

Магнитное поле, измеренное на стороне пластинки противоположной расположению дефекта, показано на рис. 3. Такое измерение магнитного поля соответствует внешнему дефекту.

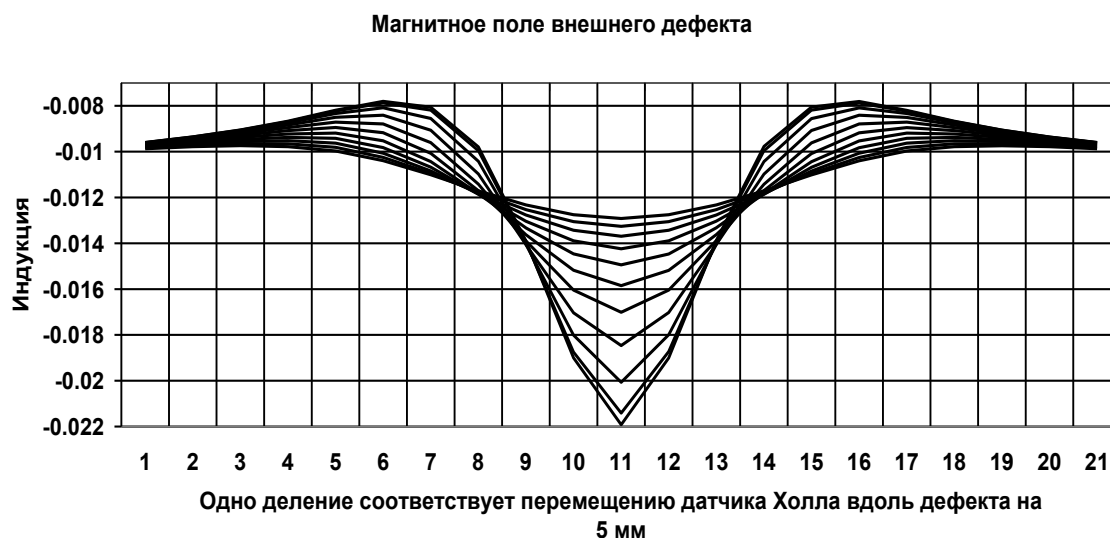


Рис. 3.

Анализ кривых индукции магнитного поля, изображенных на рисунках 2 и 3, показывает, что, скорее всего, различие магнитных полей рассеяния внутреннего и внешнего дефектов надо искать не в величине поля, а в относительной скорости изменения поля для разных датчиков Холла. В связи с высказанным предположением ниже на рис. 4 и рис. 5 изображены первые разности сигналов каждого датчика Холла в направлении их движения вдоль силовых линий поля.

Первая разность магнитного поля внутреннего дефекта



Рис. 4.

Первая разность магнитного поля внешнего дефекта



Рис. 5.

Анализ кривых, изображенных на рисунках 4 и 5, показывает, что для внешнего дефекта наблюдается “правильное” поведение первых разностей, то есть, между их графиками нет никаких пересечений. Для внутреннего же дефекта наблюдается некоторый “непорядок” в поведении первых разностей, по крайней мере, для двух датчиков Холла, расположенных на расстоянии 5 мм и 10 мм от центра дефекта. Для проверки высказанного предположения построим гистограммы первых разностей сигналов для всех датчиков Холла из сборки в момент их расположения на расстоянии 2.5 мм, 7.5 мм и 12.5 мм от центра дефекта. Надо сказать, что на предыдущих рисунках характеристики магнитного поля рассеивания изображены для левой половины дефектов, что бы не загромождать рисунок лишними линиями, так как соответствующие характеристики магнитного поля в правой половине дефектов совершенно аналогичны. Однако гистограммы первых разностей сигналов датчиков Холла построим для обеих половинок дефектов. На рис. 6 показаны первые разности сигналов датчиков Холла в момент их расположения над внутренним дефектом на расстоянии 2.5 мм от центра дефекта, на рис. 7 сборка датчиков Холла удалена от центра дефекта на 7.5 мм, а на рис. 8 на 12.5 мм. На рисунках дополнительно показаны линии тренда.

**Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на
2.5 мм**



Рис. 6.

**Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на
7.5 мм**



Рис. 7.

**Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на
12.5 мм**



Рис. 8.

Ниже на рис. 9 показаны первые разности сигналов датчиков Холла в момент их расположения над внешним дефектом на расстоянии 2.5 мм от центра дефекта, на рис. 10 сборка датчиков Холла удалилась от центра дефекта на 7.5 мм, а на рис. 11 на 12.5 мм. На рисунках изображены линии тренда.

**Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на
2.5 мм**



Рис. 9.

**Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на
7.5 мм**



Рис. 10.

Сборка датчиков Холла прошла центр дефекта на 12.5 мм

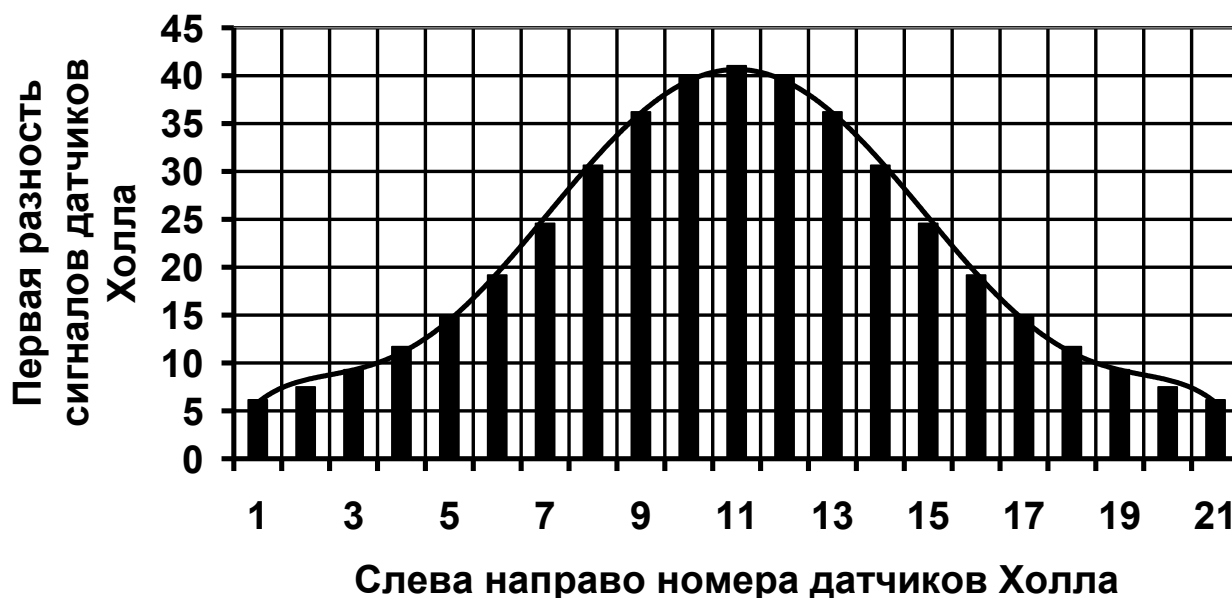


Рис. 11.

Введем понятие “порядка” для взаимного расположения первых разностей сигналов датчиков Холла от датчика к датчику. Назовем “порядком” такое взаимное расположение первых разностей сигналов датчиков Холла, при котором до достижения сборкой датчиков Холла середины дефекта предыдущая разность меньше последующей, а после прохождения сборки датчиков Холла середины дефекта наоборот последующая первая разность меньше предыдущей. В таком случае на рисунках 9 – 11 видно, что первые разности находятся в полном “порядке”. На рис. 6 имеет место два “непорядка” между 7 и 8 разностью сигналов датчиков Холла и 13 -14 разностью. На рис. 7 имеется 6 “непорядков”, а на рис. 9 наблюдается 4 “непорядка”. Таким образом, можно сказать, что “непорядок” во взаимном расположении первых разностей сигналов датчиков Холла является характерным признаком внутреннего дефекта.

Для формирования алгоритма разделения дефектов на внешние и внутренние необходимо определить, при каком расположении сборки датчиков Холла относительно дефекта надо строить гистограммы и определять “порядок” взаимного расположения первых разностей сигналов датчиков Холла. Вычислим для каждого положения сборки датчиков Холла над дефектами сумму всех первых разностей сигналов датчиков Холла и построим их график.



Рис. 12.

Как видно на графике центр дефекта отмечен нулевой суммой первых разностей и находится между точками 10 и 11 оси абсцисс. На графике также видны минимум в точке 8 оси абсцисс и максимум в точке 13. Все точки между 8 и 13, включая и их, и следует использовать для расчета “непорядков” во взаимном расположении первых разностей сигналов датчиков Холла. При этом следует учитывать, что первые разности в точках 8, 9 и 10 будут отрицательные и их следует использовать по абсолютной величине.

Для подтверждения предложенного алгоритма и выявления его возможностей были проведено математическое моделирование алгоритма с дефектами типа усеченный конус различных размеров. Результаты моделирования приведены в таблице 1. Критерием разделения дефектов в математическом эксперименте было среднее количество “непорядков” во взаимном расположении первых разностей сигналов датчиков Холла вычисленных по всем положениям сборки датчиков Холла в пределах дефекта. Для исследованного выше сферического дефекта эта величина равнялась 4. Относительная глубина дефекта это процент отношения глубины дефекта в мм к толщине стенки трубы.

Как видно из таблицы размеры дефекта существенно влияют на работу алгоритма. Алгоритм работает удовлетворительно, если сборка датчиков Холла над дефектом содержит, как минимум, пять датчиков Холла.

Таблица 1

Расположение дефекта на трубе	Внешний диаметр мм	Внутре нный диаметр мм	Относительная глубина %	Величина критерия разделения	ВЫВОД
Внутренний	25	10	60	7	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	25	10	60	1.67	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	25	10	35	5.8	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	25	10	35	2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	25	10	15	5.4	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	25	10	15	1.6	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	15	8	60	3	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	15	8	60	0.8	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	15	8	35	2.6	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	15	8	35	1.2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	15	8	15	2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	15	8	15	1.4	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	12	6	60	2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ

Окончательно можно сделать следующие выводы:

1. Программное разделение дефектов магистральных трубопроводов возможно.
2. Для разделения небольших дефектов необходимо уменьшать расстояние между датчиками Холла в сборке и шаг измерения магнитного поля рассеяния при движении сборки вдоль дефекта.

Литература

1. Лисин Ю.В., Мирошник А.Д., Краснов А.А. Комбинированный магнитный дефектоскоп // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и газа. 2011. № 2. С. 90–92.

-
2. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.) Магнитная диагностика газонефтепроводов. М.: Энергоатомиздат, 2001. 432 с.
 3. Мартынов И.О., Поротиков Д.О., Вагнер И.А., Каннель Ю.М. Разработка программы интерпретации данных комбинированного магнитного дефектоскопа // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и газа. 2011. № 2. С. 93–95.