

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>
URL статьи: mathmod.esrae.ru/25-86
Ссылка для цитирования этой статьи:
Смарунь А.Б. Экспериментальное подтверждение возможности программного разделение дефектов магистральных трубопроводов на внешние и внутренние // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2019. №2

УДК 622.692.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО РАЗДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ

Смарунь А.Б.

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

EXPERIMENTAL VALIDATION OF SOFTWARE SEPARATION OF DEFECTS OF PIPELINES FOR INTERNAL AND EXTERNAL

Smarun A.B.

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

Аннотация. В работе на экспериментальных данных показано, что программное разделение дефектов потери металла магистральных трубопроводов на внешние и внутренние возможно. Приведены результаты работы алгоритма для разделения дефектов на внешние и внутренние, использующего только стандартную информацию о магнитном поле рассеяния от дефекта.

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

Abstract. In the work on the experimental data it is shown that the software separation of metal loss defects of pipelines on the external and internal possible. The results of the algorithm for the separation of defects into external and internal, using only standard information about the magnetic field of scattering from the defect.

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

Для поддержания магистральных трубопроводов в работоспособном состоянии периодически производится их внутритрубная диагностика [1]. Для этого используют специальные магнитные дефектоскопы [2]. Физическим

принципом, на котором основана работа магнитных дефектоскопов, является принцип рассеяния (утечки) магнитного поля в стенке трубы в месте ее неоднородности, создаваемой дефектом [3].

Дефектоскопы создают магнитное поле в трубах. Это поле преобразуется в электрические сигналы, как правило, либо датчиками Холла, либо вихретоковыми датчиками. Затем эти сигналы преобразуются в цифровой код и записываются в бортовую память дефектоскопа.

Записи состояния магнитного поля анализируются специальными программами [4]. В процессе анализа происходит обнаружение дефектов, их классификация и определение геометрических характеристик.

Важной задачей внутритрубной диагностики является задача разделения дефектов по их расположению на внешней или внутренней стенках трубы. Это связано с тем, что механизмы образования дефектов и скорости их коррозии для внешних и внутренних дефектов различны и, следовательно, различна их степень опасности для правильного функционирования трубопровода.

В экспертном сообществе существует мнение, что по сигналам, фиксируемым только датчиками Холла или только вихретоковыми датчиками при нормальной работе магнитной системы магнитного дефектоскопа, разделить дефекты на внутренние и внешние невозможно. Поэтому для разделения используют одновременно либо 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 [2].

В работе [5] предложен алгоритм для разделения дефектов потери металла магистральных трубопроводов на внешние и внутренние программно, то есть только по сигналам датчиков Холла и при нормальной работе магнитной системы инспекционного снаряда.

Для пояснения работы алгоритма разделения рассмотрим два дефекта нанесенные один на внутреннюю, а другой на внешнюю поверхность тестовой трубы сверлом диаметра 40 мм на глубину соответствующую 40% толщины трубы. Эти дефекты геометрически похожи, но, конечно, не совсем идентичны. Далее эти дефекты будем называть тестовыми.

По трубе с тестовыми дефектами был пропущен специальный магнитный дефектоскоп и произведены записи фиксируемых датчиками Холла магнитных полей. Экспериментальные записи магнитного поля в тестовых трубах с дефектами любезно предоставлены автору ЗАО ГПАС.

Группу датчиков Холла полностью покрывающую дефект будем называть сборкой датчиков Холла. Расстояние между датчиками Холла в сборке 5 мм. Запись сигналов датчиков производилась через каждые 5 мм перемещения инспекционного дефектоскопа.

В [5] замечено, что для внешнего дефекта наблюдается “правильное” поведение первых разностей сигналов каждого датчика Холла в направлении их движения вдоль силовых линий поля, то есть, между их графиками нет

пересечений. Для внутреннего же дефекта наблюдается некоторый “непорядок” в поведении первых разностей.

Ниже на рисунках изображены первые разности сигналов каждого датчика Холла в направлении их движения вдоль силовых линий поля. На рис. 1 для внешнего дефекта, а на рис. 2 для внутреннего дефекта.

Из рисунков следует, что действительно для внешнего дефекта наблюдается более “правильное” поведение первых разностей сигналов каждого датчика Холла в направлении их движения вдоль силовых линий поля, то есть, между их графиками меньше пересечений, чем для внутреннего дефекта.

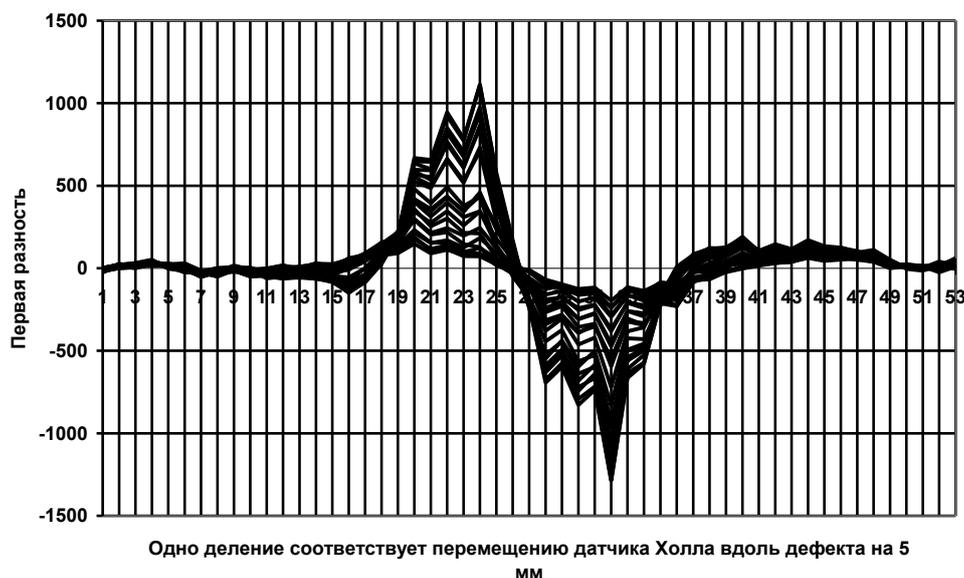


Рис. 1.

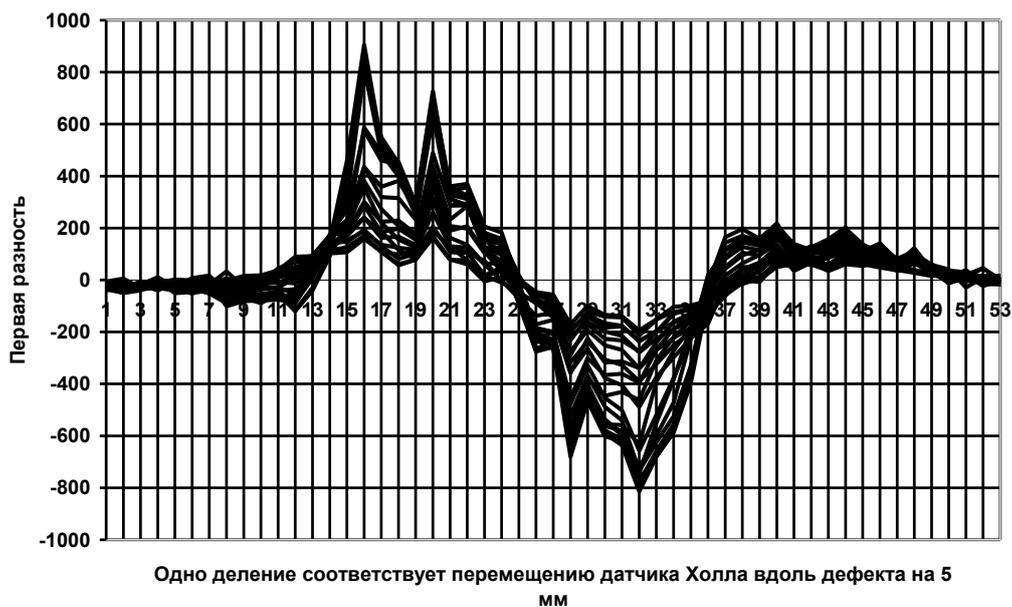


Рис. 2.

В [5] введено понятие “порядка” для взаимного расположения первых разностей сигналов датчиков Холла от датчика к датчику. Там названо “порядком” такое взаимное расположение первых разностей сигналов датчиков Холла, при котором при перемещении сборки датчиков Холла вдоль дефекта до достижения сборкой датчиков Холла середины дефекта предыдущая разность меньше последующей, а после прохождения сборкой датчиков Холла середины дефекта наоборот последующая первая разность меньше предыдущей.

Оказалось, что для внешних дефектов наблюдается “порядок” во взаимном расположении первых разностей сигналов датчиков Холла, а для внутренних дефектов характерен “непорядок”. Визуально можно наблюдать “порядок” и “непорядок”, если построить гистограммы первых разностей сигналов датчиков Холла.

Также в [5] предложено определять, при каком расположении сборки датчиков Холла относительно дефекта надо строить гистограммы и рассматривать “порядок” взаимного расположения первых разностей сигналов датчиков Холла. Это можно сделать по графикам сумм первых разностей сигналов датчиков Холла в сборке.

Вычислим для каждого положения сборки датчиков Холла над тестовыми дефектами при ее перемещении вдоль дефектов сумму всех первых разностей сигналов датчиков Холла и построим их график. На рис. 3 для внешнего дефекта, а на рис. 4 – для внутреннего.

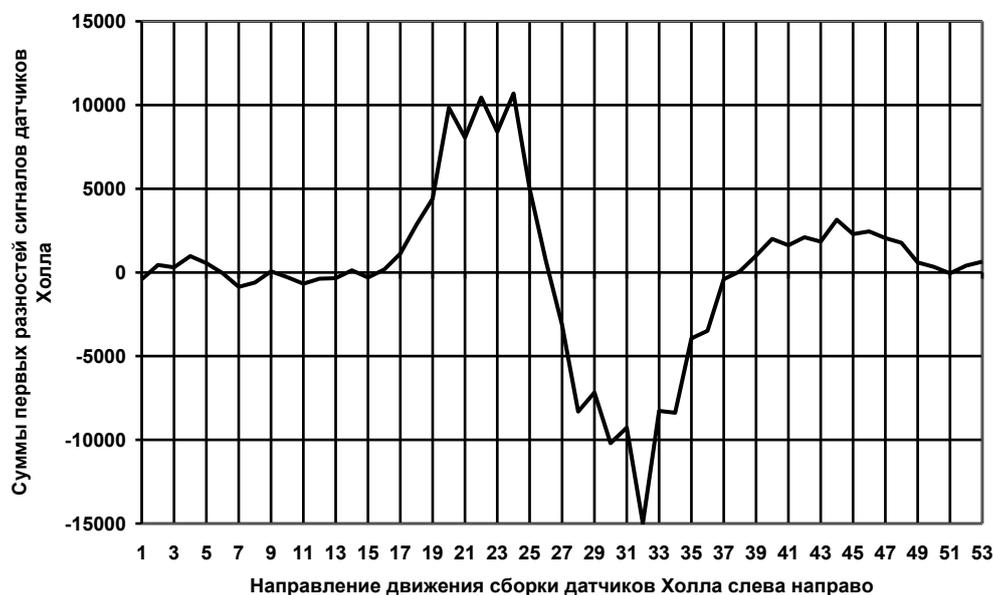


Рис. 3.

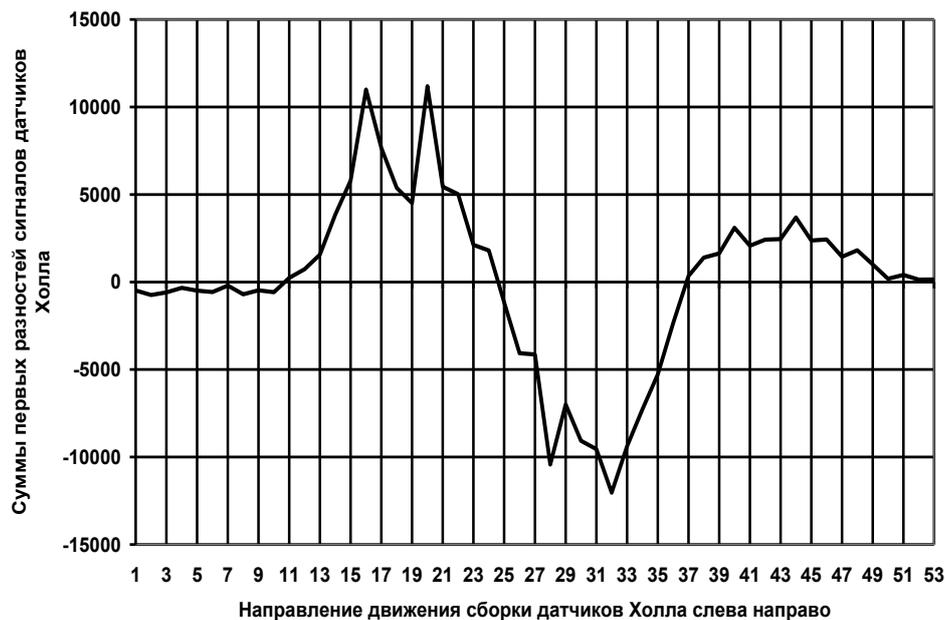


Рис. 4.

На рисунках центр дефекта отмечен нулевой суммой первых разностей сигналов датчиков Холла и находится для внешнего дефекта между отметками 25 и 27 по оси абсцисс, а для внутреннего дефекта между отметками 23 и 25 по оси абсцисс. Так как одно деление по оси абсцисс на рисунках соответствует перемещению датчиков Холла над дефектом на 5 мм, то от одного края дефекта до другого края тестовых дефектов расстояние в 8 шагов или 40 мм. На этих шагах в [1] и предложено строить гистограммы первых разностей сигналов датчиков Холла.

Чтобы не загромождать статью большим количеством графиков построим для каждого из двух тестовых дефектов по четыре гистограммы. Две при положительных значениях первых разностей и две при отрицательных значениях. Для простоты на гистограммах будем приводить заголовок о том, что гистограмма построена для момента времени соответствующего расположению сборки датчиков Холла на отметке, например, 24 по оси абсцисс рис. 3. Это соответствует расположению сборки датчиков Холла на расстоянии примерно 10 мм от центра дефекта.

Анализ гистограмм, изображенных на рисунках 5 - 12, показывает, что для внешнего дефекта наблюдается “правильное” поведение первых разностей, а для внутреннего “неправильное”.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 24 по оси абсцисс на рис. 3

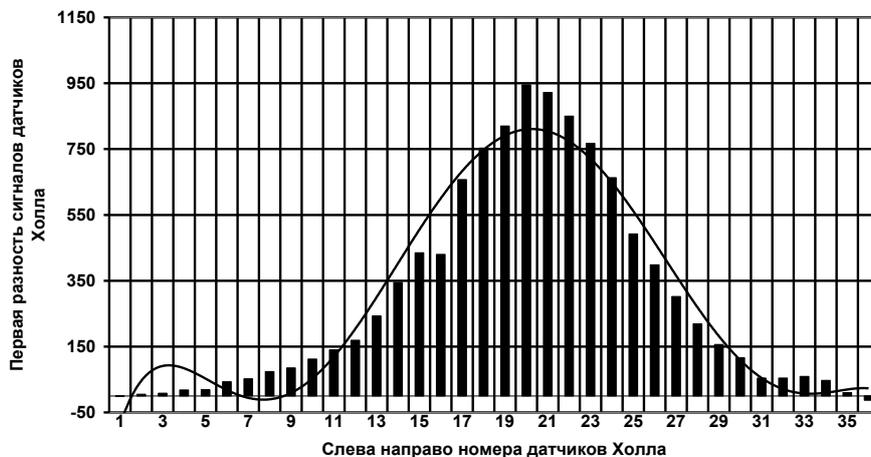


Рис. 5.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 25 по оси абсцисс на рис. 3

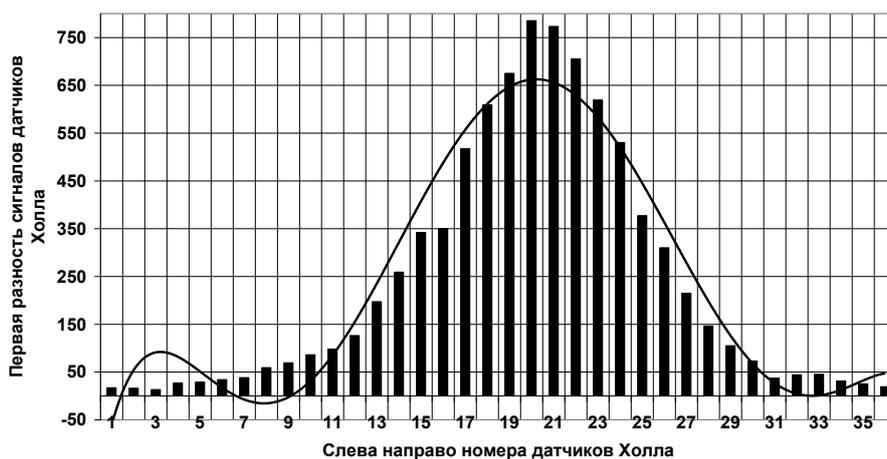


Рис. 6.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 29 по оси абсцисс на рис. 3

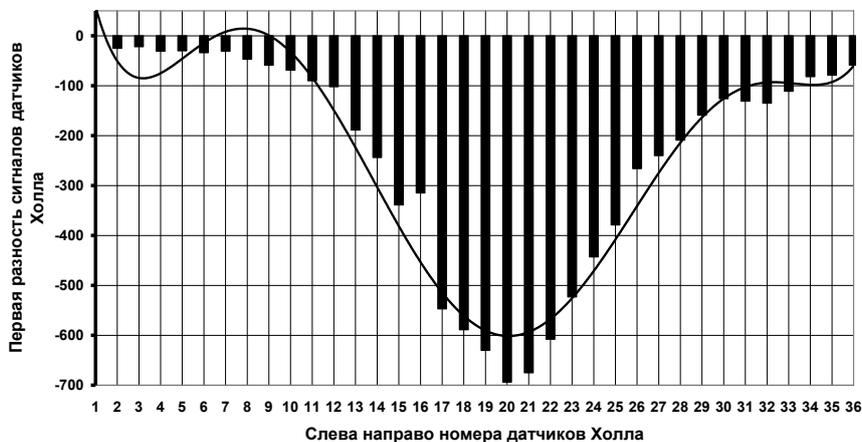


Рис. 7.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 31 по оси абсцисс на рис. 3

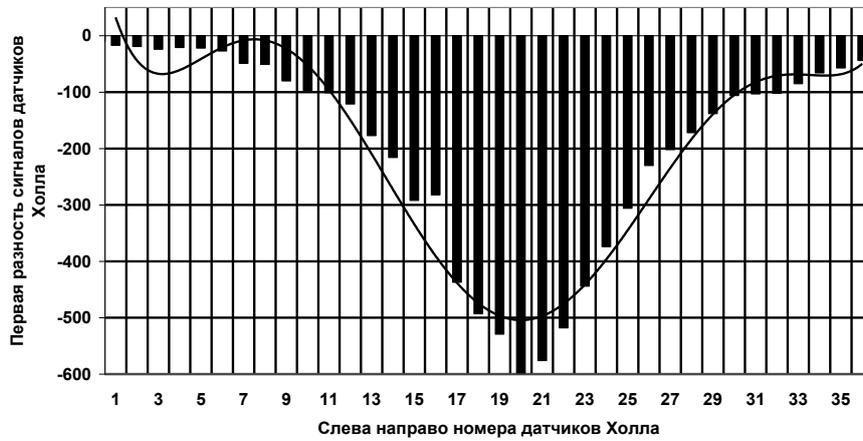


Рис. 8.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 20 по оси абсцисс на рис. 4

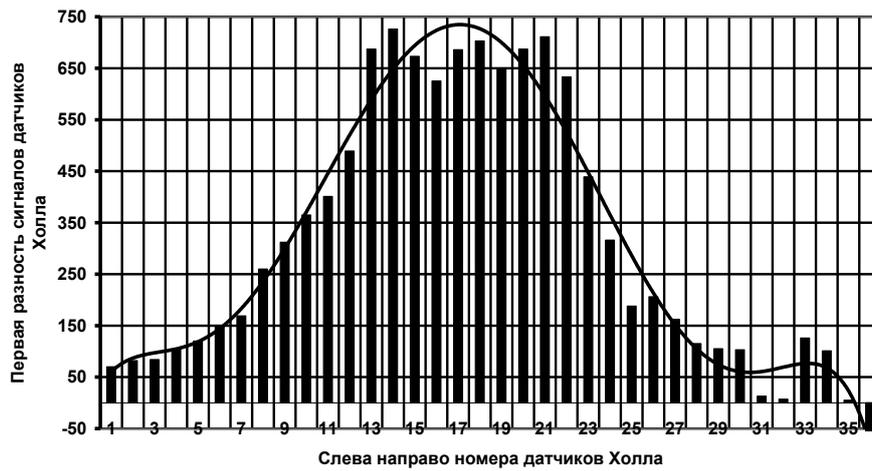


Рис. 9.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 21 по оси абсцисс на рис. 4

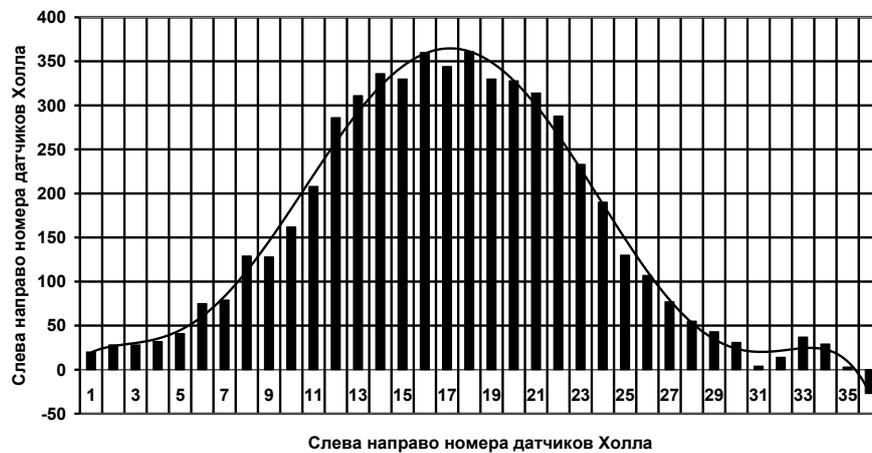


Рис. 10.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 26 по оси абсцисс на рис. 4

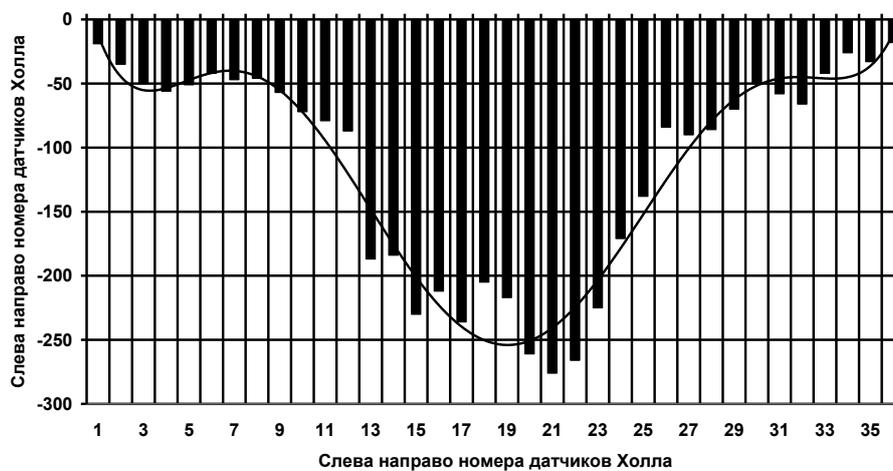


Рис. 11.

Гистограмма соответствует расположению сборки датчиков Холла на отметке 27 по оси абсцисс на рис. 4

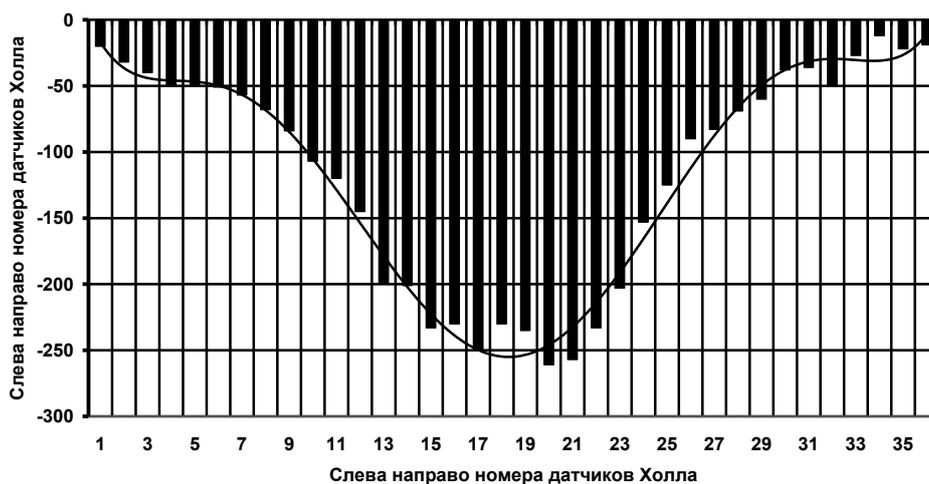


Рис. 12.

Таким образом, в качестве критерия разделения дефектов на внешние и внутренние может служить, например, среднее количество “непорядков” во взаимном расположении первых разностей сигналов датчиков Холла вычисленных по всем положениям сборки датчиков Холла в пределах дефекта.

Был разработан алгоритм, использующий этот критерий. Тестирование алгоритма производилось на двух группах дефектов. Для первой группы дефектов магнитное поле было измерено с дискретностью 5 мм вдоль поля и 5 мм нормально к полю. Для второй группы соответственно по 2.5 мм вдоль и нормально полю. Результаты работы алгоритма приведены в таблице 1 для первой группы дефектов и в таблице 2 для второй группы. В таблицах относительная глубина дефекта это процент отношения глубины дефекта в мм к толщине стенки трубы.

Таблица 1

Расположение дефекта на трубе	Внешний диаметр мм	Относительная глубина %	Величина критерия разделения	ВЫВОД
Внутренний	40	40	5.7	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	40	40	1.83	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	40	20	5.17	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	40	20	3	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	30	20	6.5	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	40	20	2.6	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	30	10	3.33	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	40	60	1.83	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	12	40	1.33	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	12	60	1	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	16	40	2.17	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	16	40	1.33	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	12	60	2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ

Как видно из таблицы 1 величина критерия разделения дефектов равна примерно 3.1. Внешние дефекты выявляются алгоритмом без ошибок. При классификации внутренних дефектов размеры дефекта существенно влияют на работу алгоритма. Алгоритм работает удовлетворительно, если сборка датчиков Холла над дефектом содержит, как минимум, шесть датчиков Холла и дефект имеет глубину не менее 20%.

Таблица 2

Расположение дефекта на трубе	Внешний диаметр мм	Относительная глубина %	Величина критерия разделения	ВЫВОД
Внутренний	47	26	11.3	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	49	47	7.2	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	50	34	12.8	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	15.4	44	4	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	39	37	15.4	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	38	30	6.3	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	30	20	8.8	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	23	46	6.1	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	30	7.5	8.7	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внешний	23	58	6.4	ВНЕШНИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	60	11	16.3	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	60	21	18.4	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ
Внутренний	60	31	12.2	ВНУТРЕННИЙ ДЕФЕКТ

Как видно из таблицы 2 величина критерия разделения дефектов равна примерно 8, что соответствует критерию таблицы 1 умноженному на три. Действительно, теоретически при расстоянии между датчиками Холла вдвое меньшем количество первых разностей и, соответственно, “непорядков” между ними должно увеличиться вдвое. Практически же оно увеличивается больше. Внешние дефекты выявляются алгоритмом без ошибок. Внутренние дефекты имеют достаточно большие размеры по сравнению с сеткой измерения магнитного поля и выявляются алгоритмом так же без ошибок.

Литература

1. Голуб Е.Д., Зайцев Е.В. Обследование магистральных трубопроводов внутритрубными инспекционными снарядами магнитных дефектоскопов // Вестник гражданских инженеров. 2015. №5(52). С. 85-90.
2. 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.
3. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.) Магнитная диагностика газонефтепроводов. М.: Энергоатомиздат, 2001. 432 с.
4. 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.
5. Смарунь А.Б. Программное разделение дефектов магистральных трубопроводов на внешние и внутренние // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2018. № 2. С. 40-50. URL: mathmod.esrae.ru/18-67.