



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014149824/06, 09.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.12.2014

(45) Опубликовано: 20.09.2015 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2294482 C1 27.02.2007. US  
2011062951 A1 17.03.2011. US 2011068782 A1  
24.03.2011

Адрес для переписки:

603950, г. Нижний Новгород, ГСП-926, ул.  
Алексеевская, 26, АО "Гипрогазцентр"

(72) Автор(ы):

Агиней Руслан Викторович (RU),  
Пужайло Александр Федорович (RU),  
Спиридович Евгений Апполинарьевич (RU),  
Мусонов Валерий Викторович (RU),  
Гуськов Сергей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

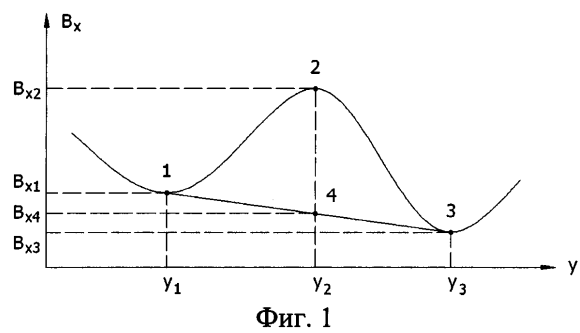
Акционерное общество "Гипрогазцентр" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ПОДЗЕМНОГО  
СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области диагностики и контроля состояния подземных стальных трубопроводов и может быть использовано в нефтегазодобывающей промышленности, коммунальном хозяйстве и других областях промышленности, эксплуатирующих стальные трубопроводы. Способ определения положения кольцевых сварных швов подземного трубопровода, изготовленного из ферромагнитного материала, включает измерение индукции постоянного магнитного поля над осью трубопровода с определенным шагом, построение графика и поиск экстремумов зависимости параметров индукции магнитного поля от линейной координаты, осуществляют приведение

измеренных значений параметров индукции к среднему значению глубины заложения трубопровода, определяют значения высоты экстремумов, линейные координаты экстремумов, высота которых превышает заданное пороговое значение, считают вероятными координатами кольцевых сварных швов трубопровода. Технический результат - повышение достоверности определения линейных координат кольцевых сварных швов подземного трубопровода на основании результатов наземных магнитометрических измерений и обеспечение возможности проведения поиска швов в автоматизированном режиме. 1 з.п. ф-лы, 10 ил., 1 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014149824/06, 09.12.2014**(24) Effective date for property rights:  
**09.12.2014**

Priority:

(22) Date of filing: **09.12.2014**(45) Date of publication: **20.09.2015** Bull. № **26**

Mail address:

**603950, g. Nizhnij Novgorod, GSP-926, ul.  
Aleksееvskaja, 26, AO "Giprogaзtsentr"**

(72) Inventor(s):

**Aginej Ruslan Viktorovich (RU),  
Puzhajlo Aleksandr Fedorovich (RU),  
Spiridovich Evgenij Appolinar'evich (RU),  
Musonov Valerij Viktorovich (RU),  
Gus'kov Sergej Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Giprogaзtsentr" (RU)**(54) **METHOD OF POSITIONING OF ANNULAR WELDING JOINTS OF UNDERGROUND STEEL PIPELINE**

(57) Abstract:

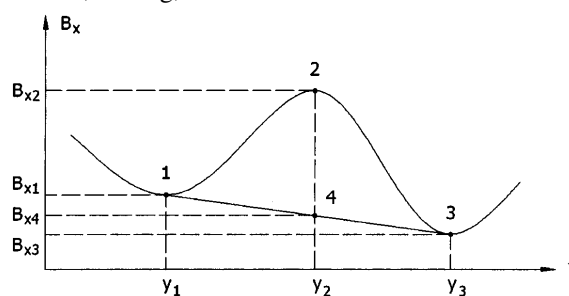
FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method of positioning of annular welding joints of underground pipeline fabricated from ferromagnetic material comprises the measurement of induction of constant magnetic field above the pipeline axis with a certain step, plotting of the curve and finding of extrema of dependence of parameters of magnetic field induction from the linear coordinate, the measured values of parameters of induction are reduced to average value of the pipeline laying depth, the values of height of extrema, linear coordinates of extrema the height of which exceeds the pre-set threshold value are determined, the coordinates of annular welding joints of the pipeline are deemed as probable.

EFFECT: improvement of reliability of

determination of linear coordinates of annular welding joints of the underground pipeline on the basis of results of land magnetometric measurements and possibility of searching of joints in automated mode.

2 cl, 10 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

Изобретение относится к области диагностики и контроля состояния подземных стальных трубопроводов. Изобретение может быть использовано в нефтегазодобывающей промышленности, коммунальном хозяйстве и других областях промышленности, эксплуатирующих стальные трубопроводы.

5 Известны способы бесконтактной диагностики трубопроводов (патент РФ 2510500, G01N 27/82, опубликован 27.03.2014 г.; патент РФ 2453760, F17D 5/00, опубликован 20.06.2012 г.; патент РФ 2294482, F17D 5/02, опубликован 27.02.2007 г.; патент РФ 2264617, G01N 27/28, опубликован 20.11.2005 г.). При реализации этих способов производят измерения магнитных параметров с поверхности грунта при перемещении датчиков вдоль оси трубопровода.

В указанных выше способах полученные в результате измерений данные не рассматривают с точки зрения определения местоположения кольцевых сварных швов.

Известен способ поиска положения кольцевых сварных швов подземных стальных трубопроводов (РД 12-411-01. Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов. Введена в действие с 15.09.01 постановлением Госгортехнадзора России от 24.07.01 №33). При реализации этого способа производят измерения магнитных параметров с поверхности грунта при перемещении датчиков магнитометра вдоль оси трубопровода. Местоположением сварных швов считают точки измерения, в которых установлены периодические экстремумы магнитных параметров, имеющих вид остроконечных пиков с амплитудой 15% значения диапазона и повторяющиеся через 10-12 м.

Недостатком указанного способа является низкая достоверность, так как способ не учитывает изменения расстояния от точки измерения магнитной индукции до оси трубопровода, что приводит к некорректному определению величины измеренных значений.

Наиболее близким к предлагаемому способу является способ поиска положения кольцевых сварных швов трубопроводов, основанный на измерении постоянного магнитного поля над осью трубопровода (Крапивский Е.И., Некучаев В.О. Дистанционная магнитометрия газонефтепроводов. Ухта: УГТУ, 2011). В соответствии с этим способом кольцевые сварные швы выделяются знакопеременными аномалиями магнитного поля. При этом периодичность аномалий соответствует длине труб.

Недостатками указанного способа являются низкая достоверность и скорость интерпретации результатов измерений, обусловленные следующим:

- не учитывается различие расстояний от трубопровода до точек измерения, что приводит к некорректной оценке измеренных значений магнитной индукции;
- поиск аномалий осуществляется визуально по графику, что вносит субъективную ошибку при интерпретации данных, указанный способ не может быть использован для автоматизированного поиска кольцевых сварных швов;
- отсутствует количественный критерий величины аномалий, которые считаются связанными с кольцевыми сварными швами;

Задачей предлагаемого изобретения является повышение точности определения положения кольцевых сварных швов подземного трубопровода и автоматизация процесса обработки результатов магнитометрических измерений.

Достижимый технический результат состоит в повышении достоверности определения линейных координат кольцевых сварных швов подземного трубопровода на основании результатов наземных магнитометрических измерений и в обеспечении возможности проведения поиска швов в автоматизированном режиме.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения положения кольцевых

сварных швов подземного трубопровода, изготовленного из ферромагнитного материала, включающем измерение индукции постоянного магнитного поля над осью трубопровода с определенным шагом, построение графика и поиск экстремумов зависимости параметров индукции магнитного поля от линейной координаты, отсчитываемой вдоль оси трубопровода, согласно изобретению в каждой точке измерения магнитного поля измеряют глубину заложения оси трубопровода, определяют среднюю глубину заложения оси трубопровода на рассматриваемом участке, осуществляют приведение измеренных значений параметров индукции к среднему значению глубины, определяют значения высоты экстремумов, линейные координаты экстремумов, высота которых превышает заданное пороговое значение, считают вероятными координатами кольцевых сварных швов трубопровода, дополнительно из проектной или эксплуатационной документации получают данные о длинах и последовательности расположения труб на рассматриваемом участке, выбирают интервал поиска, в пределах этого интервала производят смещение предполагаемого положения швов вдоль магнитограммы с заданным шагом, для каждого значения смещения рассчитывают величину, характеризующую степень совпадения швов и экстремумов, значения смещения, соответствующие наиболее полному совпадению, считают наиболее вероятными значениями смещения, для найденных значений смещения рассчитывают координаты всех кольцевых сварных швов на рассматриваемом участке.

В качестве пояснения приводим следующее.

В процессе изготовления элементы трубопровода приобретают определенный уровень остаточной намагниченности. При строительстве трубопровода вектора суммарных магнитных моментов элементов трубопровода располагаются хаотично. При эксплуатации трубопровода намагниченность его элементов может изменяться под действием внутреннего давления или из-за влияния различных внешних факторов. Некоторым вариантам сочетаний остаточной намагниченности соседних элементов трубопровода соответствуют характерные особенности распределения магнитного поля. Измерив распределение постоянного магнитного поля вдоль проекции оси трубопровода на поверхность грунта и проанализировав полученные магнитограммы, можно определить положение границ между некоторыми элементами трубопровода с различной ориентацией векторов суммарных магнитных моментов, эти границы соответствуют кольцевым сварным швам трубопровода. Поиск кольцевых сварных швов может быть проведен с достаточной достоверностью только при условии наличия на обследуемом участке характерных особенностей распределения магнитного поля.

На фиг. 1 представлена схема, иллюстрирующая задачу определения значения высоты локальных экстремумов.

На фиг. 2 представлена схема, иллюстрирующая задачу определения положения кольцевых сварных швов при известной информации о длинах и последовательности расположения швов на рассматриваемом участке трубопровода.

На фиг. 3 представлен график зависимости разности вертикальных компонент индукции измеренного магнитного поля и индукции магнитного поля Земли от линейной координаты точки измерения.

На фиг. 4 представлены результаты измерения глубины заложения оси трубопровода в точках измерения.

На фиг. 5 представлен график зависимости приведенных к средней глубине значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля от линейной координаты точки измерения.

На фиг. 6 представлен график усредненной производной вертикальной компоненты

индукции магнитного поля по линейной координате.

На фиг. 7 представлен график зависимости приведенных к средней глубине значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля от линейной координаты точки измерения с указанием результатов определения кольцевых сварных швов

5 (прямоугольники, вытянутые в вертикальном направлении, высота прямоугольников пропорциональна абсолютному значению высоты соответствующих экстремумов).

На фиг. 8 представлен график зависимости приведенных к средней глубине значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля от линейной координаты точки измерения с указанием истинного положения кольцевых сварных швов (вертикальные

10 сплошные линии).

На фиг. 9 представлен график зависимости степени совпадения кольцевых сварных швов и экстремумов от линейной координаты кольцевого сварного шва №1.

На фиг. 10 представлен график зависимости приведенных к средней глубине значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля от линейной координаты точки измерения с указанием результатов определения кольцевых сварных швов (вертикальные

15 штриховые линии).

Способ реализуется следующим образом. Проводят измерение индукции постоянного магнитного поля Земли в точке, расположенной на удалении от трубопровода и от

20 посторонних ферромагнитных предметов, таким образом, чтобы источники индукции постоянного магнитного поля не оказывали влияния на результаты измерения магнитного поля Земли. Проводят измерение с поверхности земли индукции постоянного магнитного поля при перемещении датчиков над осью трубопровода. В каждой точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции измеренного

магнитного поля и индукции магнитного поля Земли  $B_{mxi}$  ( $i$  - номер точки измерения,

25  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  - количество точек измерения):

$$B_{mxi} = B_{uxi} - B_{zx}, \quad (1)$$

где  $B_{uxi}$  - вертикальная компонента индукции измеренного поля в  $i$ -й точке измерения,  $B_{zx}$  - вертикальная компонента индукции магнитного поля Земли.

30 В каждой точке измерения магнитного поля измеряют глубину заложения оси трубопровода  $h_i$ . Определяют среднюю глубину заложения оси трубопровода на рассматриваемом участке  $h_0$ :

$$h_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i. \quad (2)$$

35 Осуществляют приведение измеренных значений вертикальной компоненты индукции постоянного магнитного поля к среднему значению глубины:

$$B_{xi} = B_{mxi} \left( \frac{h_i}{h_0} \right)^2, \quad (3)$$

40 где  $B_{mxi}$  - вертикальная компонента индукции магнитного поля трубопровода в  $i$ -й точке измерения,  $B_{xi}$  - приведенное к глубине  $h_0$  значение вертикальной компоненты индукции магнитного поля трубопровода в  $i$ -й точке измерения.

Исключают из рассмотрения участки с магнитными помехами (краны, тройники, врезки, пересечения с коммуникациями, металлические предметы, положение которых

45 известно при проведении измерений).  
Проводят поиск локальных экстремумов зависимости приведенных значений вертикальной компоненты индукции  $B_x$  от линейной координаты у точек измерения,

отсчитываемой вдоль оси трубопровода. Для поиска экстремумов может использоваться, например, следующий способ. Участок зависимости  $B_x(y)$  в окрестностях  $i$ -й точки измерений аппроксимируется отрезком прямой  $B_x = E_i y + Gt$ . Коэффициент  $E_i$  при переменной  $y$  представляет собой значение усредненной производной  $B_x$  по координате  $y$  в  $i$ -й точке. Для вычисления  $E_i$  используется следующее выражение:

$$E_i = \frac{(2m+1) \sum_{k=-m}^m B_{xi+k} y_{i+k} - \left( \sum_{k=-m}^m B_{xi+k} \right) \left( \sum_{k=-m}^m y_{i+k} \right)}{(2m+1) \sum_{k=-m}^m y_{i+k}^2 - \left( \sum_{k=-m}^m y_{i+k} \right)^2}, \quad (4)$$

где  $B_{xi}$  - приведенное значение вертикальной компоненты индукции в  $i$ -й точке измерений,  $y_i$  - линейная координата  $i$ -й точки измерений,  $k=-m, \dots, -1, 0, 1, m, m$  - величина, характеризующая количество точек, используемых при аппроксимации. Значение  $m$  зависит от шага измерений вдоль оси  $y$ . При шаге 1 м оптимальное значение  $m=2$ . Точки, в которых производная  $dB_x/dy=0$ , представляют собой точки локальных экстремумов  $B_x$ .

Для каждого локального экстремума определяют значение высоты  $w$  следующим образом. Рассмотрим локальный экстремум 2 зависимости  $B_x(y)$  и соседние по отношению к нему локальные экстремумы 1 и 3 (фиг. 1). Очевидно, что если экстремум 2 - максимум, то экстремумы 1 и 3 - минимумы. И наоборот, если экстремум 2 - минимум, то экстремумы 1 и 3 - максимумы. Проведем прямую, соединяющую точки 1 и 3, и определим значение  $B_{x4}$ , соответствующее точке пересечения 4 этой прямой с вертикальной прямой  $y=y_2$ . Абсолютное значение разности величин  $B_{x2}$  и  $B_{x4}$  представляет собой значение высоты  $w$ , соответствующей рассматриваемому экстремуму 2:

$$w = |B_{x2} - B_{x4}|. \quad (5)$$

Чем больше значение высоты  $w$ , тем больше вероятность наличия кольцевого сварного шва в непосредственной близости от данного экстремума. Считают, что предполагаемые координаты кольцевых сварных швов совпадают с координатами локальных экстремумов  $B_x(y)$ , для которых выполняется условие

$$w > w_t, \quad (6)$$

где  $w_t$  - заданное граничное значение высоты. Оптимальное значение  $w_t$  находится в диапазоне от  $1,0 \cdot s_x$  до  $3,0 \cdot s_x$ , где  $s_x$  - среднеквадратичное отклонение значений  $B_x$  на рассматриваемом участке измерений:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (B_{xi} - B_{x0})^2}, \quad B_{x0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_{xi}. \quad (7)$$

Если длины труб известны, то вероятное положение кольцевых сварных швов определяют на основании анализа взаимного расположения всех экстремумов  $B_x(y)$  на данном участке с учетом реальных расстояний между кольцевыми сварными швами. Предполагают, что истинная координата выбранного шва  $y_u$  находится в интервале  $[y_0-d_0, y_0+d_0]$  (фиг. 2). Поиск швов осуществляют в пределах указанного интервала. Текущее положение выбранного шва характеризуется координатой  $y$ . При данной  $y$  для каждого шва производят поиск экстремумов, расстояние от которых до шва не

превышает заданной величины  $d_s$  (полуширина окна поиска). Если таких экстремумов несколько, то выбирают экстремум, находящийся на минимальном расстоянии от шва. Выбранный таким образом экстремум для  $k$ -го шва характеризуется двумя числами - значением высоты  $w_k$  и расстоянием до шва  $d_k$ . Рассчитывают степень совпадения  $q$  положения экстремумов  $B_x(y)$  и кольцевых сварных швов по формуле

$$q = \sum_k \frac{w_k^2}{1 + d_k} \quad (8)$$

Суммирование осуществляют по швам, в окрестностях которых обнаружены экстремумы. Если на расстоянии  $d_s$  от шва экстремумов не имеется, то такой шов в суммировании не участвует.

Расчет  $q$  производят при изменении  $y$  в пределах заданного интервала с заданным шагом. Если зависимость  $q(y)$  имеет максимумы, то значения  $y$ , соответствующие этим максимумам, считают наиболее вероятными координатами выбранного шва. Зная координату одного из швов, длины и последовательность расположения труб, определяют координаты остальных швов.

Предлагаемый способ может быть реализован при использовании вместо вертикальной компоненты  $B_x$  индукции магнитного поля модуля  $B$  индукции магнитного поля. При этом в формулах (1), (3)-(5), (7) проводят замену величин  $B_{uxi}$ ,  $B_{zx}$ ,  $B_{mxi}$ ,  $B_{xi}$  на соответствующие величины  $B_{ui}$ ,  $B_z$ ,  $B_{mi}$ ,  $B_i$ .

Предлагаемый способ позволяет осуществлять определение линейных координат кольцевых сварных швов подземного трубопровода на основании результатов наземных магнитометрических измерений в автоматизированном режиме с использованием соответствующего программного обеспечения, в котором реализуется представленная последовательность действий.

#### Пример

Необходимо дистанционно, без вскрытия грунта, определить положение кольцевых сварных швов на участке подземного магистрального нефтепровода длиной 200 м и диаметром 1220 мм. Измерения производят с помощью устройства дистанционного магнитометрического контроля состояния металла трубопровода «МАГ-01» (изготовитель ОАО «Гипрогазцентр»). Измеряют вертикальную компоненту индукции постоянного магнитного поля Земли в точке, расположенной на удалении от посторонних ферромагнитных предметов, в том числе от трубопровода:  $B_{zx}=51,2$  мкТл.

Измеряют величину вертикальной компоненты индукции постоянного магнитного поля в точках, расположенных вдоль проекции оси газопровода на поверхность грунта. Расстояние между точками измерения 1 м. В каждой точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции измеренного магнитного поля и индукции магнитного поля Земли по формуле (1), строят график. Результаты расчета представлены на фиг. 3. В каждой точке измерения магнитного поля измеряют глубину заложения оси трубопровода. Результаты измерения представлены на фиг. 4. Определяют среднюю глубину заложения оси трубопровода на рассматриваемом участке по формуле (2):  $h_0=2,2$  м. Осуществляют приведение измеренных значений вертикальной компоненты индукции постоянного магнитного поля к среднему значению глубины по формуле (3). Результаты расчета представлены на фиг. 5. Для каждой точки измерений рассчитывают усредненную производную  $B_x$  по координате  $y$  с использованием формулы (4). При расчетах используют значение параметра аппроксимации  $m=2$ . Результаты расчета



представлены на фиг. 6. Определяют координаты локальных экстремумов зависимости  $B_x(y)$ , то есть линейные координаты точек, в которых усредненная производная  $dB_x/dy$  равна нулю. Для каждого локального экстремума определяют значение высоты  $w$ . Характеристики найденных локальных экстремумов представлены в таблице 1 и показаны на фиг. 7. Рассчитывают среднеквадратичное отклонение значений  $B_x$  на рассматриваемом участке измерений по формуле (7):  $s_x=4,8$  мкТл. Выбирают граничное значение  $w_t=1,0 \cdot s_x=4,8$  мкТл. Определяют локальные экстремумы, для которых выполняется условие (6) при выбранном значении  $w_t$ . Это условие выполняется для экстремумов с номерами 1-6, 9, 14-17, 19, 20. Делают заключение о том, что кольцевые сварные швы расположены в окрестностях точек с линейными координатами 4,3 м, 17,1 м, 28,8 м, 41,1 м, 51,2 м, 62,8 м, 97,1 м, 132,7 м, 142,2 м, 153,4 м, 165,6 м, 177,0 м, 188,4 м.

По результатам диагностического обследования на данном участке нефтепровода ближайшие к предполагаемым кольцевым сварным швам истинные швы имеют следующие линейные координаты: 5,4 м, 16,9 м, 28,5 м, 40,0 м, 51,5 м, 62,7 м, 97,3 м, 131,5 м, 142,5 м, 154,0 м, 165,5 м, 177,0 м, 188,5 м (фиг. 8). Таким образом, на данном участке определено положение тринадцати швов из семнадцати с ошибкой до 1,2 м. При этом положение девяти швов определено с ошибкой менее 0,5 м.

Рассмотрим пример поиска кольцевых сварных швов на том же участке при известных длинах и последовательности расположения труб. Определение положения кольцевых сварных швов при наличии указанной информации может быть полезно, например, для уточнения координат мест шурфований по результатам внутритрубной диагностики и соответствующего снижения объемов земляных работ. По данным внутритрубной диагностики кольцевой сварной шов с условным номером 1 имеет линейную координату  $y=-5 \pm 5$  м относительно начала участка магнитометрических измерений. Выбирают интервал поиска от -10 до 0 м и шаг поиска 0,1 м. При изменении положения шва №1 в пределах указанного интервала с указанным шагом производят расчет степени совпадения швов и экстремумов на рассматриваемом участке по формуле (8). Результаты расчета представлены на фиг. 9. Зависимость  $q(y)$  имеет максимум, соответствующий значению  $y=-5,9$  м. Делают заключение о том, что линейная координата шва №1 равна -5,9 м. Определяют линейные координаты остальных кольцевых сварных швов на рассматриваемом участке путем последовательного прибавления известных длин труб к линейной координате шва №1 (фиг. 10).

По результатам диагностического обследования истинная линейная координата кольцевого сварного шва №1 равна -6,2 м. Таким образом, положение всех кольцевых сварных швов на данном участке определено с ошибкой 0,3 м.

### Формула изобретения

1. Способ определения положения кольцевых сварных швов подземного трубопровода, изготовленного из ферромагнитного материала, включающий измерение индукции постоянного магнитного поля над осью трубопровода с определенным шагом, построение графика, поиск экстремумов графика зависимости параметров индукции магнитного поля от линейной координаты, отсчитываемой вдоль оси трубопровода, отличающийся тем, что в каждой точке измерения магнитного поля измеряют глубину заложения оси трубопровода, определяют среднюю глубину заложения оси трубопровода на рассматриваемом участке, осуществляют приведение измеренных значений параметров индукции к среднему значению глубины, определяют линейные

координаты экстремумов графика параметров индукции магнитного поля, для каждого экстремума вычисляют значения высоты, линейные координаты экстремумов, значения высоты которых превышают заданное пороговое значение, считают вероятными координатами кольцевых сварных швов трубопровода.

- 5        2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что из проектной или эксплуатационной документации получают данные о длинах и последовательности расположения труб на рассматриваемом участке, выбирают интервал поиска, в пределах этого интервала производят смещение предполагаемого положения швов вдоль магнитограммы с заданным шагом, для каждого значения смещения рассчитывают величину,
- 10        характеризующую степень совпадения швов и экстремумов, значения смещения, соответствующие наиболее полному совпадению, считают наиболее вероятными значениями смещения, для найденных значений смещения рассчитывают координаты всех кольцевых сварных швов на рассматриваемом участке.

15

20

25

30

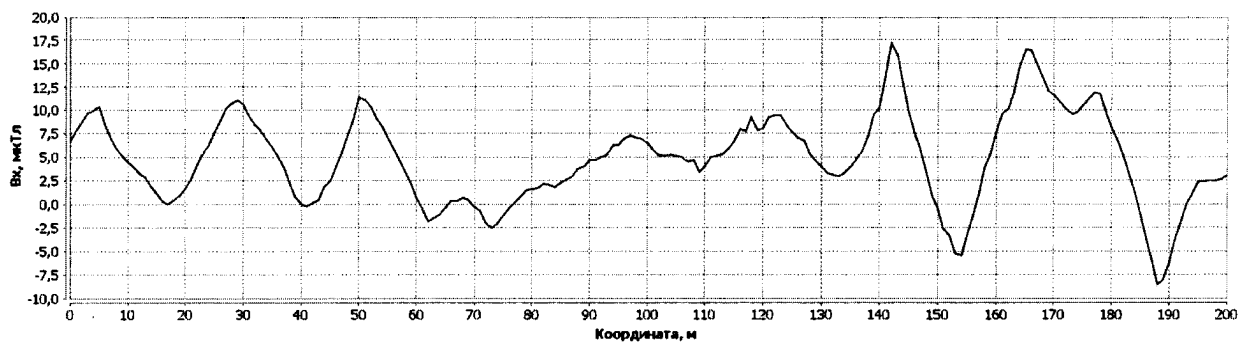
35

40

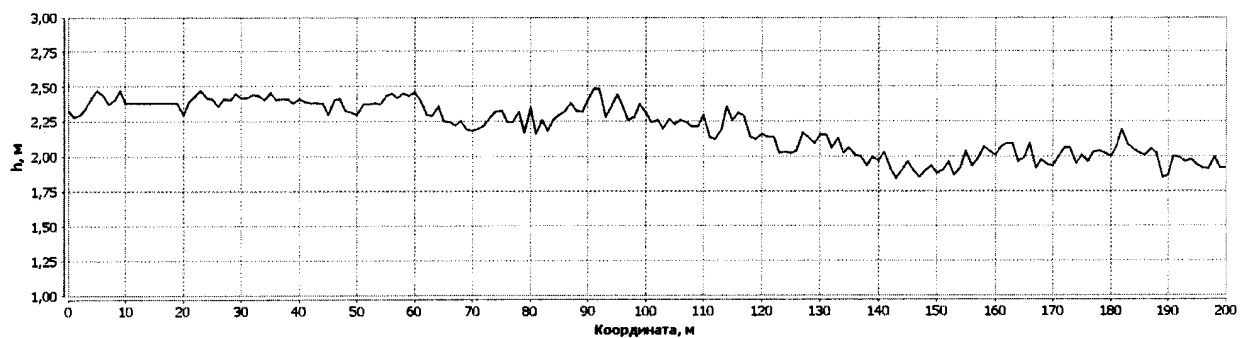
45



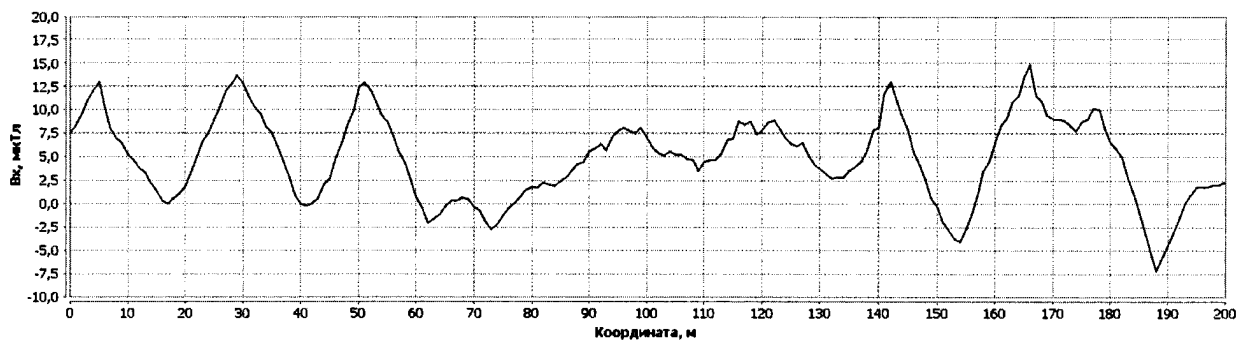
Фиг. 2



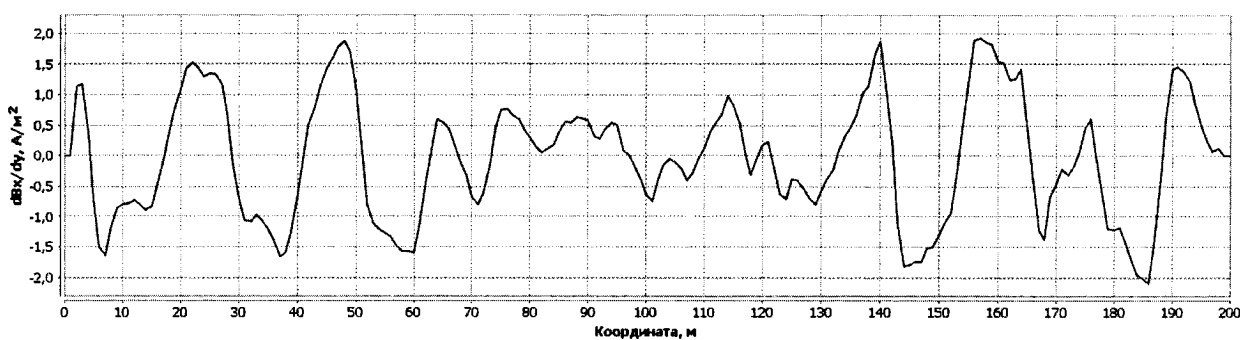
Фиг. 3



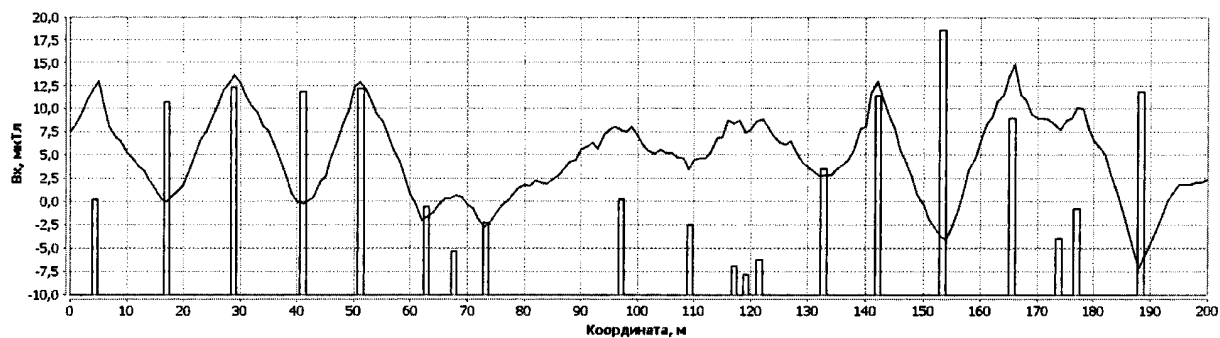
Фиг. 4



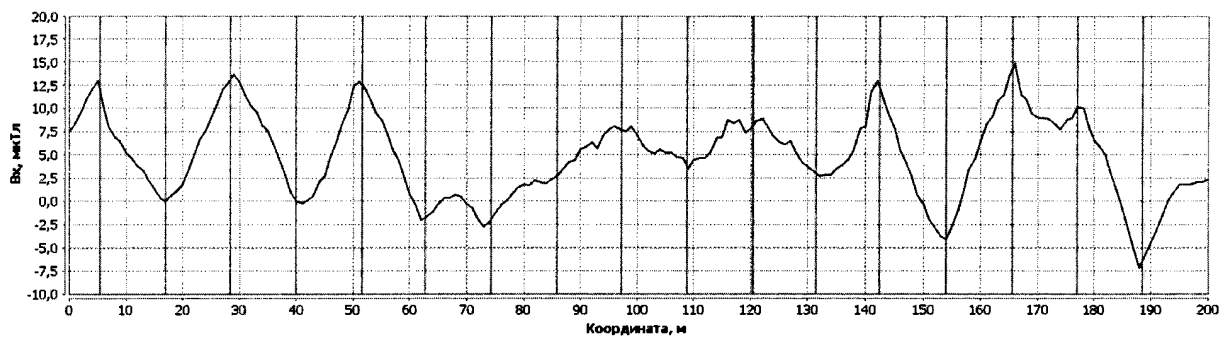
Фиг. 5



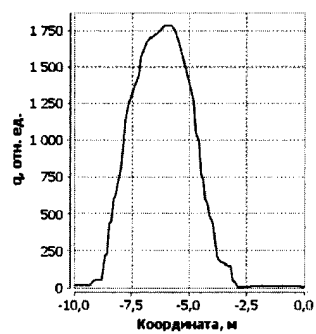
Фиг. 6



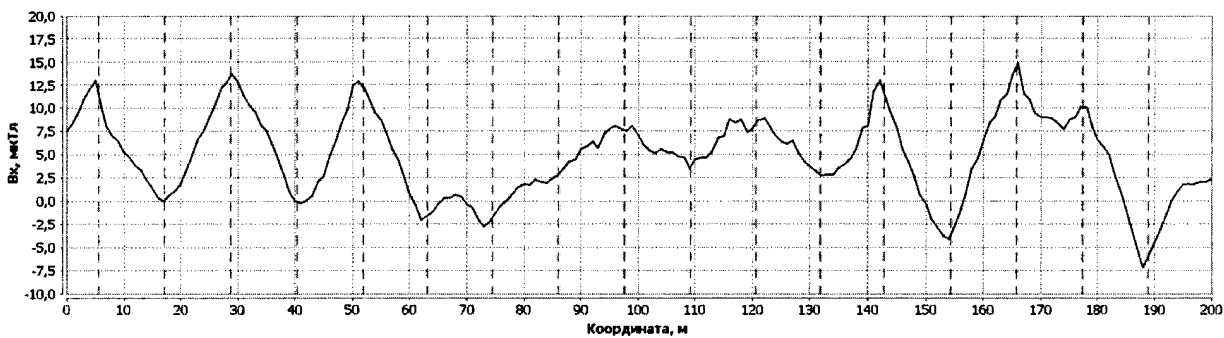
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

Таблица 1. Характеристики локальных экстремумов зависимости  $B_x(y)$ .

Номер экстремума	Линейная координата, м	Значение высоты экстремума, мкТл
1	4,3	6,3
2	17,1	12,8
3	28,8	13,8
4	41,1	13,5
5	51,2	13,8
6	62,8	5,9
7	67,6	2,8
8	73,2	4,8
9	97,1	6,3
10	109,2	4,7
11	117,2	1,9
12	119,2	1,3
13	121,5	2,3
14	132,7	8,3
15	142,2	13,2
16	153,4	17,7
17	165,6	11,8
18	173,8	3,7
19	177,0	5,7
20	188,4	13,6