



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013143808/28, 27.09.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.09.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.09.2013

(45) Опубликовано: 10.01.2015 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ГОСТ Р 52727-2007 "Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования". RU 2238535 C2, 20.10.2004. RU 2453760 C2, 20.06.2012

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

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

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество  
"Гипрогазцентр" (RU)

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ УЧАСТКОВ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ФЕРРОМАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике, представляет собой способ определения поврежденности участков подземного трубопровода и может быть использовано в нефтегазодобывающей промышленности, коммунальном хозяйстве и других областях промышленности, эксплуатирующих трубопроводы. При реализации способа изменяют внутреннее давление в трубопроводе в диапазоне от нуля до рабочего, измеряют и регистрируют индукцию постоянного магнитного поля.

Индукцию измеряют над осью трубопровода на поверхности грунта с определенным шагом, в каждой точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции магнитного поля при разном внутреннем давлении, рассчитывают среднеквадратичные значения разности вертикальных компонент индукции постоянного магнитного поля для участков трубопровода, по величине среднеквадратичных значений судят о степени поврежденности участков трубопровода. 4 ил., 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 538 072** (13) **C1**

(51) Int. Cl.  
*G01N 27/83* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013143808/28, 27.09.2013**

(24) Effective date for property rights:  
**27.09.2013**

Priority:

(22) Date of filing: **27.09.2013**

(45) Date of publication: **10.01.2015** Bull. № 1

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

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

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo  
"Giprogaзtsentr" (RU)**

(54) **METHOD TO DETERMINE DAMAGE OF SECTIONS OF UNDERGROUND PIPELINE MADE FROM FERROMAGNETIC MATERIAL**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention represents the method to determine damage of an underground pipeline and may be used in the oil and gas industry, community facilities and other areas of the industry that operate the pipelines. In process of method realisation they vary internal pressure in the pipeline in the range from zero to working one, measure and record induction of the permanent magnetic field. Induction is measured above the pipeline axis on the soil surface with a certain pitch,

in each point of measurement they calculate difference of vertical components of magnetic field induction at different internal pressure, mean-square values of difference of vertical components are calculated in induction of the permanent magnetic field for sections of the pipeline, using the value of mean-square values they decide on the extent of damage of pipeline sections.

EFFECT: increased accuracy.

4 dwg, 1 ex

R U 2 5 3 8 0 7 2 C 1

R U 2 5 3 8 0 7 2 C 1

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

5 Известен способ определения повреждаемости нагруженного материала и ресурса его работоспособности (патент РФ №2238535, МПК G01N 3/00, приоритет от 18.11.2002, опубл. 20.10.2004). Способ включает в себя испытания образцов, вырезанных из зон конструкции с максимальными напряжениями и по кривой зависимости, соответствующей установленной степени старения, определяют меру повреждения и ресурс конструкции.

Недостатком указанного способа является его принадлежность к разрушающим методам. Способ неприменим к действующим трубопроводам.

15 Известен способ диагностики технического состояния трубопровода специальными устройствами - внутритручными снарядами-дефектоскопами (Патент РФ №2102652, кл. 6 F17D 5/00, опубл. 1998 г.). Способ включает пропуск снаряда-дефектоскопа с одновременным намагничиванием стенки трубопровода, регистрацию аномалий магнитного поля, расшифровку полученной информации для заключения о местоположении и характере выявленных дефектов.

Недостатком указанного способа является ограничение применения вследствие отсутствия камер пуска-приема на участках значительной части трубопроводов.

20 Известен также способ диагностики технического состояния подземных трубопроводов (патент РФ №2453760, МПК F17D 5/00, приоритет от 18.12.2009, опубл. 20.06.2012). Способ включает измерение не менее восемнадцати компонент индукции постоянного магнитного поля над трубопроводом трехкомпонентными датчиками при перемещении их вдоль трубопровода. Определяют расположение и магнитные моменты источников аномалий постоянного и переменного магнитных полей и параметры нарушений изоляции трубопровода и по полученным данным производят идентификацию и ранжирование особенностей технического состояния трубопровода.

30 Недостатком указанного способа является низкая достоверность, т.к. в способе учтены только источники магнитных аномалий, связанные с особенностями намагниченности металла, и не учтены изменения магнитного поля под действием механических напряжений в стенке трубы, связанные с избыточным внутренним давлением в трубопроводе.

35 Наиболее близким к предлагаемому способу является способ акустико-эмиссионного контроля трубопроводов (ГОСТ Р 52727-2007. Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования), в соответствии с которым на поверхности трубопровода размещают преобразователи, соединенные с акустико-эмиссионной аппаратурой, трубопровод нагружают повышенным внутренним давлением, регистрируют сигналы акустической эмиссии и по параметрам эмиссии судят о степени повреждения трубопровода.

Недостатком указанного способа является необходимость доступа к поверхности трубопровода для установки датчиков, а также необходимость повышения давления выше рабочего, что может инициировать накопление дополнительных повреждений металла обследуемого участка.

45 Задача предлагаемого способа определения поврежденности участков подземного трубопровода состоит в получении диагностической информации без необходимости получения доступа к поверхности трубопровода и превышения давления в трубопроводе выше рабочего.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения поврежденности участков подземного трубопровода, изготовленного из ферромагнитного материала, включающем изменение внутреннего давления в трубопроводе и регистрацию параметров при изменении давления, согласно изобретению изменение давления  
 5 выполняют в диапазоне от 0 до  $P_{раб}$ , в качестве измеряемых параметров используют индукцию постоянного магнитного поля, измеренного над осью трубопровода на поверхности грунта с определенным шагом, в каждой точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции магнитного поля при разном внутреннем давлении, рассчитывают среднеквадратичные значения разности вертикальных  
 10 компонент индукции постоянного магнитного поля для участков трубопровода, по величине среднеквадратичных значений судят о степени поврежденности участков трубопровода.

В качестве пояснения приводим следующее. Предлагаемый способ основан на оценке изменения намагниченности металла трубопровода при изменении механических  
 15 напряжений. При изменении механических напряжений, вызванных изменением внутреннего давления, на участке подземного трубопровода происходит изменение намагниченности металла (магнитоупругий эффект), а следовательно, и магнитного поля на поверхности грунта. При этом величина изменения зависит от магнитной предыстории диагностируемого участка трубопровода. Магнитная предыстория может  
 20 существенно отличаться для разных участков, поскольку в процессе эксплуатации происходит неравномерное изменение структуры металла стенки трубопровода под действием различных повреждающих металл факторов, в результате намагниченность фрагментов трубопровода имеет различия. На участках трубопровода в качестве интегральной характеристики изменения намагниченности могут использоваться  
 25 статистические характеристики, например среднеквадратичное значение разности значений индукции магнитного поля, измеренных при разных механических напряжениях.

На фиг.1 представлен график измеренных значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля участка трубопровода длиной 1700 м при избыточном  
 30 внутреннем давлении 6,3 МПа.

На фиг.2 представлен график измеренных значений вертикальной компоненты индукции магнитного поля участка трубопровода длиной 1700 м при отсутствии избыточного внутреннего давления.

На фиг.3 представлен график разности вертикальных компонент индукции  
 35 магнитного поля до и после изменения внутреннего давления.

На фиг.4 представлены результаты расчетов среднеквадратичных значений разности вертикальных компонент напряженности постоянного магнитного поля трубопровода.

Способ реализуется следующим образом. Проводят измерение индукции постоянного магнитного поля при перемещении датчиков над осью трубопровода с шагом, равным  
 40 примерно половине расстояния от точки измерения до оси трубопровода. Изменяют внутреннее давление в трубопроводе. Повторно измеряют индукцию магнитного поля при перемещении датчиков вдоль трубопровода. При измерениях датчики располагают в тех же точках, в которых проводились измерения до изменения давления. В каждой  
 45 точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции магнитного поля при разном давлении  $\Delta B_{xi}$  ( $i$  - номер точки измерения,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  - количество точек измерения):

$$\Delta B_{xi} = B_{xi1} - B_{xi2}, \quad (1)$$

где  $B_{x1i}$  - вертикальная компонента индукции в  $i$ -й точке измерения до изменения давления,  $B_{x2i}$  - вертикальная компонента индукции в  $i$ -й точке измерения после изменения давления.

Рассчитывают среднеквадратичное значение разности вертикальных компонент индукции постоянного магнитного поля для всего участка измерений:

$$d_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta B_{xi}^2}, \quad (2)$$

Рассчитывают среднеквадратичные значения разности вертикальных компонент индукции постоянного магнитного поля отдельно для участков длиной не менее 50 м. Среднеквадратичное значение для  $j$ -го участка рассчитывается по формуле

$$d_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_i \Delta B_{xi}^2}. \quad (3)$$

В (3) суммирование производится по точкам измерения, расположенных в пределах рассматриваемого участка,  $m$  - количество точек измерения в пределах рассматриваемого участка.

Проводят сравнение рассчитанных значений  $d_j$  и величины  $d_0$ . Участки, для которых выполняется условие

$$d_j > d_0 \quad (4)$$

считаются более поврежденными, чем остальные участки.

Пример

Необходимо дистанционно, без вскрытия грунта, определить наиболее поврежденные участки на фрагменте подземного магистрального газопровода длиной 1700 м, диаметром 1420 мм. Избыточное давление в трубопроводе 6,3 МПа. Измерения производят с помощью устройства дистанционного магнитометрического контроля состояния металла трубопровода «МАГ-01» (изготовитель ОАО «Гипрогазцентр»).

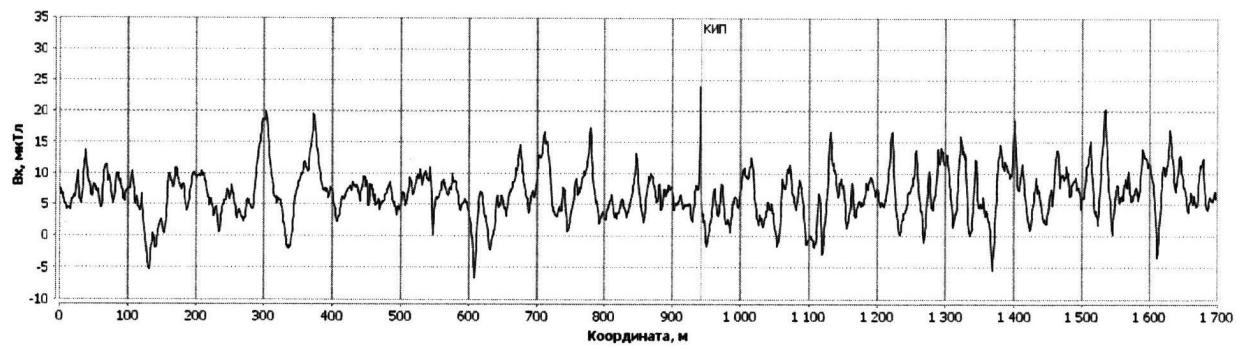
На местности определяют начальную - маркер М24 и конечную точки обследуемого фрагмента газопровода. Измеряют глубину заложения оси трубопровода на обследуемом фрагменте газопровода с шагом 20 м, средняя глубина заложения составляет 1,9 м, выбирают шаг измерений, равный примерно половине измеренного значения глубины заложения - 1 м. С выбранным шагом производят измерения величины вертикальной компоненты индукции постоянного магнитного поля газопровода в точках, расположенных вдоль проекции оси газопровода на поверхность грунта. Результаты измерений представлены на фиг.1. Положение точек измерения отмечают на местности. Производят изменение внутреннего избыточного давления в газопроводе с 6,3 МПа до нуля. Выполняют повторные измерения вертикальной компоненты индукции постоянного магнитного поля газопровода в тех же точках, что и до изменения внутреннего давления. Результаты измерений представлены на фиг.2. Для каждой точки измерения по формуле (1) рассчитывают разность вертикальных компонент индукции постоянного магнитного поля, измеренных до и после изменения внутреннего давления. Результаты расчета представлены на фиг.3. Рассчитывают среднеквадратичное значение разности измерений для всего фрагмента по формуле (2):  $d_0=4,05$  мкТл. Обследуемый фрагмент газопровода длиной 1700 м разбивают на 17 участков длиной 100 м каждый. Для каждого участка вычисляют среднеквадратичное значение разности вертикальных компонент индукции  $d_j$  по формуле (3). Результаты расчетов представлены в таблице

фиг.4. Полученные значения изменяются от 1,80 мкТл до 5,38 мкТл. Проводят сравнение величин  $d_j$  и значения  $d_0$ . Делают заключение о том, что участки с номерами 7, 8, 10, 11, 13-17 являются более поврежденными на обследуемом фрагменте газопровода. На данных участках для идентификации дефектов выполняют контрольное шурфование с оценкой дефектов методами неразрушающего контроля.

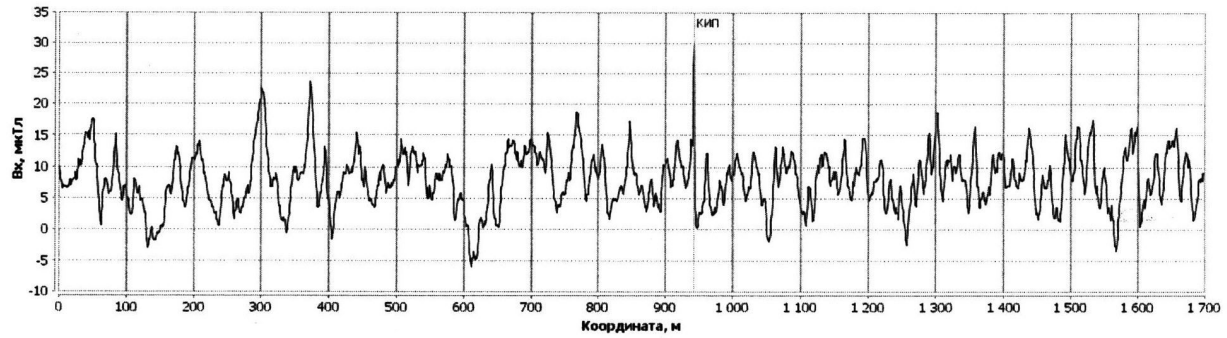
По результатам диагностики неразрушающими методами контроля, проведенной на данном фрагменте газопровода, количество и величина дефектов, найденных на участках, где среднеквадратичное значение разности вертикальных компонент индукции превышало 4,05 мкТл, больше, чем в среднем по обследуемому фрагменту газопровода.

#### Формула изобретения

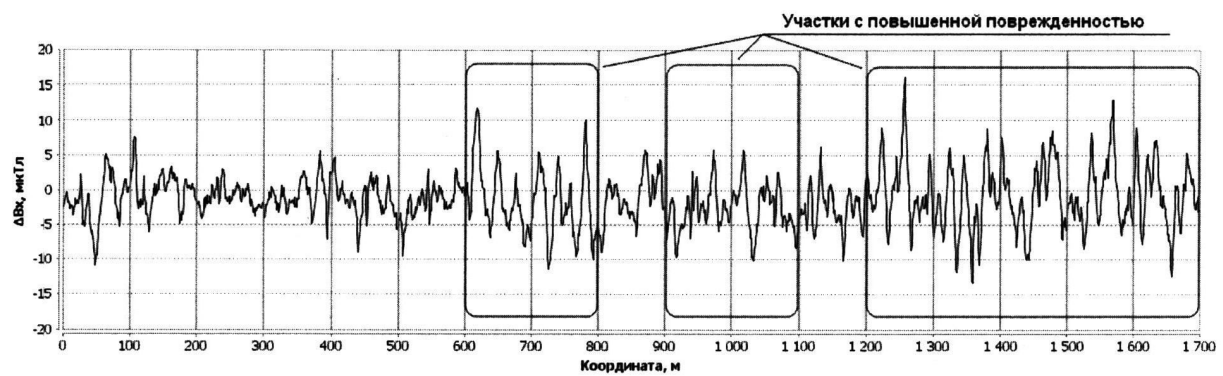
Способ определения поврежденности участков подземного трубопровода, изготовленного из ферромагнитного материала, включающий изменение внутреннего давления в трубопроводе и регистрацию параметров при изменении давления, отличающийся тем, что изменение давления выполняют в диапазоне от нуля до рабочего давления, в качестве измеряемых параметров используют вертикальную компоненту индукции постоянного магнитного поля, измеренного над осью трубопровода на поверхности грунта с определенным шагом, в каждой точке измерения рассчитывают разность вертикальных компонент индукции магнитного поля, измеренных при разном внутреннем давлении, рассчитывают среднеквадратичные значения разности вертикальных компонент индукции постоянного магнитного поля для участков трубопровода, по величине среднеквадратичных значений судят о степени поврежденности участков трубопровода.



фиг. 1



фиг. 2



фиг. 3

Таблица. Результаты расчетов среднеквадратичных значений разности вертикальных компонент напряженности постоянного магнитного поля трубопровода.

Номер участка	Координаты, м	Среднеквадратичное значение разности $d$ , мкТл
1	0 – 100	3,83
2	100 – 200	2,62
3	200 – 300	1,80
4	300 – 400	2,39
5	400 – 500	2,80
6	500 – 600	2,82
7	600 – 700	4,89
8	700 – 800	5,38
9	800 – 900	3,44
10	900 – 1000	4,17
11	1000 – 1100	4,31
12	1100 – 1200	3,86
13	1200 – 1300	4,64
14	1300 – 1400	5,28
15	1400 – 1500	5,04
16	1500 – 1600	4,59
17	1600 – 1700	4,61

фиг. 4