



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F17D 5/02 (2022.08); F16L 57/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2021133183, 16.11.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.11.2021

Дата регистрации:  
31.03.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.11.2021

(45) Опубликовано: 31.03.2023 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

140501, Московская обл, г. Луховицы, ул.  
Куйбышева, 7, АО "Транснефть-Диаскан",  
генеральному директору О.И. Никифорову

(72) Автор(ы):

Степанов Николай Олегович (RU),  
Индзинский Максим Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество  
"Транснефть" (ПАО "Транснефть") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Диаскан" (АО "Транснефть - Диаскан") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Верхняя Волга" (АО "Транснефть - Верхняя  
Волга") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Дружба" (АО "Транснефть - Дружба") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Приволга" (АО "Транснефть - Приволга")  
(RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Прикамье" (АО "Транснефть - Прикамье")  
(RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Сибирь" (АО Акционерное общество  
"Транснефть - Сибирь") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть - Север"  
(АО "Транснефть - Север") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть -  
Западная Сибирь" (АО "Транснефть -  
Западная Сибирь") (RU),  
Акционерное общество "Транснефть - Урал"  
(АО "Транснефть - Урал") (RU),  
Акционерное общество "Черноморские  
магистральные нефтепроводы" (АО  
"Черномортранснефть") (RU),  
Общество с ограниченной ответственностью  
"Транснефть - Балтика" (ООО "Транснефть  
- Балтика") (RU),  
Общество с ограниченной ответственностью  
"Транснефть - Восток" (ООО "Транснефть -  
Восток") (RU),

RU  
2 7 9 3 3 6 9  
C 1

RU  
2 7 9 3 3 6 9  
C 1

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2753108 C2, 11.08.2021. RU  
2586090 C1, 10.06.2016. RU 2591584 C1,  
20.07.2016. RU 2548944 C1, 20.04.2015. RU  
2444675 C2, 10.03.2012.

(54) Способ выявления растущих дефектов стенки трубы и сварных швов трубопроводов и ремонтных конструкций, установленных на трубопроводы

(57) Реферат:

Изобретение относится к области внутритрубной диагностики трубопроводов и может быть использовано для выявления опасных дефектов, растущих в межинспекционный период. Сущность изобретения заключается в том, что критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущей (предыдущих) инспекции,

при котором определяют граничное значение разницы амплитуд сигналов, при превышении которого дефект считают растущим. Технический результат - повышение точности определения межремонтных сроков магистрального трубопровода за счет выявления критических дефектов сварных швов и стенки трубы трубопроводов и ремонтных конструкций, установленных на трубопроводы. 5 з.п. ф-лы, 12 ил., 5 пр.

RU  
2793369  
C1

RU  
2793369  
C1





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F17D 5/02 (2022.08); F16L 57/00 (2022.08)*(21)(22) Application: **2021133183, 16.11.2021**(24) Effective date for property rights:  
**16.11.2021**Registration date:  
**31.03.2023**

Priority:

(22) Date of filing: **16.11.2021**(45) Date of publication: **31.03.2023** Bull. № 10

Mail address:

140501, Moskovskaya obl., g. Likhovitsy, ul.  
Kujbysheva, 7, AO "Transneft-Diaskan",  
generalnomu direktoru O.I. Nikiforovu

(72) Inventor(s):

**Stepanov Nikolaj Olegovich (RU),  
Indzinskij Maksim Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo  
"Transneft" (PAO "Transneft") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Diaskan"  
(AO "Transneft - Diaskan") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft -  
Verkhnyaya Volga" (AO "Transneft -  
Verkhnyaya Volga") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Druzhba"  
(AO "Transneft - Druzhba") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Privolga"  
(AO "Transneft - Privolga") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Prikame"  
(AO "Transneft - Prikame") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Sibir"  
(AO Aktsionernoe obshchestvo "Transneft -  
Sibir") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Sever"  
(AO "Transneft - Sever") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft -  
Zapadnaya Sibir" (AO "Transneft - Zapadnaya  
Sibir") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft - Ural"  
(AO "Transneft - Ural") (RU),  
Aktsionernoe obshchestvo "Chernomorskie  
magistralnye nefteprovody" (AO  
"Chernomortransneft") (RU),  
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Transneft - Baltika" (OOO "Transneft -  
Baltika") (RU),  
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Transneft - Vostok" (OOO "Transneft -  
Vostok") (RU),  
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Transneft - Dalnij Vostok" (OOO "Transneft -  
Dalnij Vostok") (RU)**

**RU  
2 7 9 3 3 6 9  
C 1**

**RU  
2 7 9 3 3 6 9  
C 1**

(54) METHOD FOR DETECTING GROWING DEFECTS IN THE PIPE WALL AND WELDS OF PIPELINES AND REPAIR STRUCTURES INSTALLED ON PIPELINES

(57) Abstract:

FIELD: diagnostics of pipelines.

SUBSTANCE: invention relates to the field of in-line diagnostics of pipelines and can be used to detect dangerous defects that grow during the inter-inspection period. The essence of the invention lies in the fact that the criterion for detecting growing defects is determined by comparing the amplitudes of signals from defects, registered according to the current inspection data, with the amplitudes of signals from the same defects,

registered according to the data of the previous (previous) inspection, at which the boundary value of the difference in signal amplitudes is determined, above which the defect is considered growing.

EFFECT: improved accuracy of determining the overhaul periods of the main pipeline by identifying critical defects in welds and the pipe wall of pipelines and repair structures installed on pipelines.

6 cl, 12 dwg, 5 ex



RU 2793369 C1

RU 2793369 C1

Заявляемое изобретение относится к области внутритрубной диагностики трубопроводов и может быть использовано для выявления опасных дефектов, растущих в межинспекционный период.

Известен способ неразрушающего контроля изделий [см. патент на изобретение № RU 2548944], согласно которому осуществляют сканирование поверхности контролируемого изделия в идентичных условиях в течение его жизненного цикла, считывание, преобразование и обработку информации, полученной при сканировании, визуализацию образа поверхности изделия с последующим сравнением результатов текущего и предыдущего сканирования, при этом предварительно размагниченное изделие намагничивают монотонно возрастающим магнитным полем до величины магнитной индукции, соответствующей максимальному значению магнитной проницаемости материала, затем начинают сканирование, получают в результате визуализации магнитный образ поверхности контролируемого изделия в текущий момент и после сравнения его с ранее полученным магнитным образом поверхности этого же изделия в исходном состоянии судят о наличии в нем зон локализации пластических деформаций, количестве этих зон и их расположении в изделии.

Общим для известного и заявляемого способа является многократная запись результатов контроля в течение срока службы контролируемого изделия, считывание, преобразование, обработка информации, полученной в процессе сканирования, визуализация результатов контроля.

Недостатком данного способа является отсутствие численных критериев определения роста содержащихся в объекте контроля аномалий.

Известен способ оценки геометрических размеров дефектов стенки трубной секции и сварных швов по данным магнитного внутритрубного дефектоскопа с помощью универсальной нейросетевой модели [см. патент на изобретение № RU 2591584], который осуществляют следующим образом. Оценку геометрических размеров дефектов стенки трубной секции и сварных швов по данным магнитного внутритрубного дефектоскопа выполняют с помощью универсальной нейросетевой модели, реализующей способ, заключающийся в распространении сигналов ошибки от выходов нейронной сети к ее входам в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Обучение нейросети происходит с использованием стандартного алгоритма обратного распространения ошибки - метода обучения многослойного перцептрона. Это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного перцептрона и получения желаемого выхода.

Общим для известного и заявляемого способа является определение параметров сигнала магнитного дефектоскопа для оценки степени опасности дефекта.

Недостатком данного способа является вероятностное определение параметров дефектов с погрешностью, уменьшение которой требует для каждого из применяемых внутритрубных дефектоскопов значительной обучающей выборки, состоящей из сигналов рассеяния магнитного поля от дефектов с известными параметрами, что затруднительно, учитывая бесконечное множество комбинаций формы и параметров реальных дефектов трубопроводов.

Известен способ магнитного контроля сварных стыков рельсов [см. патент на изобретение № R U2586090], согласно которому на дефектоскопическом средстве устанавливают устройство, создающее магнитное поле в рельсе, перемещают дефектоскопическое средство и фиксируют изменения магнитного поля в рельсе датчиком, скользящим по поверхности рельса, обнаруживают зоны сварных стыков,

сохраняют их координаты в диагностической карте участка рельсового пути, при этом дополнительно фиксируют и сохраняют формы сигналов от зон сварных стыков, сравнивают их с соответствующими сигналами предыдущих измерений и на основании этих сравнений принимают решение об обнаружении и развитии дефектов в сварных

5 стыках рельсов.

Общим для известного и заявляемого способа является определение параметров сигнала магнитного дефектоскопа, сравнение их с соответствующими сигналами предыдущих измерений и на основании этих сравнений принятие решения об обнаружении и развитии дефектов.

10 Недостатком указанного способа является отсутствие возможности использования для сравнения намагничивающих и измерительных систем, имеющих разные характеристики намагничивания и фиксации результатов контроля.

Совокупность признаков, наиболее близкая к совокупности существенных признаков заявляемого изобретения, присуща известному способу выявления растущих дефектов магистральных трубопроводов [см. патент на изобретение № RU 2753108], согласно

15 которому по результатам последовательных пропусков внутритрубного инспекционного прибора (ВИП) по испытательному трубопроводному полигону, имеющему как дефекты с постоянными параметрами, так и дефекты, параметры которых увеличиваются между пропусками ВИП, определяют пороговое значение изменения параметра, которое в

20 дальнейшем используют в качестве критерия выявления растущих в межинспекционный период дефектов по результатам сопоставления последовательных пропусков ВИП по инспектируемым трубопроводам.

Общим для прототипа и заявляемого способа является определение параметров сигнала магнитного дефектоскопа, сравнение их с соответствующими сигналами

25 предыдущих измерений и принятие решения об обнаружении и развитии дефектов на основании этих сравнений.

Недостатком указанного способа является необходимость проведения предварительных испытаний ВИП на испытательном трубопроводе, идентичном инспектируемому в части характеристик трубных секций с целью определения критерия

30 выявления растущих в межинспекционный период дефектов.

Задачей, на которую направлено заявляемое техническое решение, является выявление развивающихся дефектов трубопровода по данным периодической внутритрубной диагностики в соответствии с определенным пороговым значением изменения параметра сигнала от датчиков магнитных ВИП, работающих по принципу регистрации утечки

35 магнитного потока при намагничивании трубопровода в осевом (MFL) или окружном (TFI) направлениях, в том числе при отличающихся характеристиках намагничивающей системы ВИП и отличающихся характеристиках датчиков магнитной измерительной системы ВИП, регистрирующих утечку магнитного потока.

Техническим результатом изобретения является повышение точности определения межремонтных сроков магистрального трубопровода за счет выявления критических дефектов сварных швов и стенки трубы трубопроводов и ремонтных конструкций,

40 установленных на трубопроводы, способных привести к нарушению целостности трубопровода в связи с повышенной скоростью развития таких дефектов, без необходимости проведения предварительных испытаний и настройки ВИП на

45 испытательном полигоне.

Указанный технический результат достигается в предлагаемом способе выявления растущих (развивающихся) дефектов стенки трубы и сварных швов трубопроводов и ремонтных конструкций, установленных на трубопроводы, согласно которому

определяют критерий выявления растущих дефектов, проводят сопоставление параметров сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с параметрами сигналов тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущих инспекций, вычисляют разницу параметров сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным всех инспекций, оценивают изменение параметров дефектов в промежутке между инспекциями, и по результатам оценки осуществляют отнесение дефекта к растущему.

Дополнительно проводят анализ соответствия амплитуд сигнала данных предыдущих и текущей инспекций, а критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущих инспекций, при котором

рассчитывают разницу амплитуд сигнала  $\Delta A = A_{\text{текущ}} - A_{\text{предыдущ}}$ , из полученной выборки  $\Delta A$  удаляют значения «выбросов», при котором рассчитывают среднее разницы двух амплитуд сигнала  $\Delta A_{\text{средн}}$ , рассчитывают среднеквадратичное отклонение СКО разницы двух амплитуд сигнала,

проводят исключение «выбросов» из выборки по критерию

$$|\Delta A| > |\Delta A_{\text{средн}} + 3 \times \text{СКО}|,$$

повторяют вычисления по удалению значений «выбросов» из полученной выборки  $\Delta A$  до тех пор, пока в выборке не останется значений, удовлетворяющих этому критерию,

рассчитывают среднеквадратичное отклонение  $\text{СКО}_{\Delta A}$  разницы двух амплитуд сигнала по отфильтрованной выборке, определяют верхний порог 95% доверительного интервала разницы двух амплитуд сигнала по формуле  $1,96 \times \text{СКО}_{\Delta A}$ ,

определяют граничное значение разницы амплитуд сигналов по формуле

$\Delta A_{\text{гран}} = \Delta A_{\text{средн}} + 1,96 \times \text{СКО}_{\Delta A}$ , при превышении которого дефект считают растущим, далее на исходную выборку накладывают полученный порог браковки и определяют растущие дефекты.

Кроме того, дефект также относят к растущему в случае наличия сигнала от дефекта на данных текущей инспекции при его отсутствии на данных предыдущих инспекций.

В частном случае, связанном с определением критерия выявления растущих дефектов, его определяют путем сопоставления максимальных амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с максимальными амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущих инспекций.

В частном случае, связанном с выявлением растущих дефектов при наличии в составе трубопровода участков труб с различной толщиной стенки,

критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления относительных амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с относительными амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущих инспекций, определяемых по формуле:

$$A_{\text{отн}} = (A_{\text{макс}} - A_{\text{фон}}) / A_{\text{фон}}, \text{ где}$$

$A_{\text{макс}}$  - максимальное значение амплитуды сигнала в области дефекта;

**Афон** - значение фоновой амплитуды.

Кроме того, сопоставление относительных амплитуд сигнала от дефекта осуществляют с использованием зависимости разброса относительной амплитуды от начального значения относительной амплитуды, для чего имеющуюся выборку дефектов  
5 разбивают на подвыборки по значению амплитуды сигнала предыдущей инспекции, при этом для каждой подвыборки определяют частный порог браковки, а общий порог браковки определяют как линию регрессии к частным порогам браковки.

В частном случае, связанном с определением критерия выявления растущих дефектов, расположенных под ремонтными конструкциями, значение фоновой амплитуды **Афон**  
10 определяют как амплитуду сигнала бездефектной стенки трубопровода, расположенной под ремонтной конструкцией.

В частном случае, связанном с различными характеристиками датчиков ВИЛ, проводят анализ соответствия амплитуд сигнала данных предыдущей и текущей  
15 инспекции, при котором

определяют корреляционную функцию вида

$$A_{\text{отн.текущ}} = k \times A_{\text{отн.предыдущ}},$$

вычисляют коэффициент приведения амплитуд сигнала  $k$ , значения амплитуд сигнала текущей инспекции приводят к значениям относительных  
20 амплитуд сигнала предыдущей инспекции по формуле  $A_{\text{отн.прив}} = A_{\text{отн.текущ}}/k$ , и далее для определения критерия выявления растущих дефектов проводят сопоставление приведенных относительных амплитуд сигналов.

Сущность заявляемого способа поясняется чертежами.

На фиг. 1 приведена диаграмма сопоставления максимальных амплитуд сигнала от  
25 дефектов на толщине стенки 15 мм.

На фиг. 2 приведена диаграмма сопоставления максимальных амплитуд сигнала от дефектов на толщине стенки 27 мм.

На фиг. 3 показано определение порога браковки дефектов по отклонениям  
30 максимальных амплитуд сигнала на толщине стенки 15 мм.

На фиг. 4 показано определение порога браковки дефектов по отклонениям максимальных амплитуд сигнала на толщине стенки 27 мм.

На фиг. 5 приведена диаграмма сопоставления максимальных амплитуд сигнала от  
дефектов на толщине стенки 15 мм с наложением определенного порога браковки.

На фиг. 6 приведена диаграмма сопоставления максимальных амплитуд сигнала от  
35 дефектов на толщине стенки 27 мм с наложением определенного порога браковки.

На фиг. 7 приведена диаграмма сопоставления относительных амплитуд сигнала от дефектов.

На фиг. 8 показано определение порога браковки дефектов по отклонениям  
40 относительных амплитуд сигнала от дефектов.

На фиг. 9 приведена диаграмма сопоставления относительных амплитуд сигнала от дефектов с наложением определенного порога браковки.

На фиг. 10 приведена диаграмма сопоставления относительных амплитуд сигнала от дефектов с наложением порога браковки, определенного по значению частных  
45 порогов браковки.

На фиг. 11 приведена диаграмма сопоставления относительных амплитуд сигнала от дефектов для последовательных пропусков ВИЛ, датчики которых имеют отличные характеристики по регистрации амплитуды сигнала магнитного поля рассеяния (до

приведения).

На фиг. 12 приведена диаграмма сопоставления относительных амплитуд сигнала от дефектов для последовательных пропусков ВИП, датчики которых имеют отличные характеристики по регистрации амплитуды сигнала магнитного поля рассеяния (после

5

приведения).  
 Сущность изобретения заключается в следующем. В соответствии с нормативной документацией внутритрубная диагностика трубопроводов проводится с заданной периодичностью. При каждом пропуске ВИП (инспекции) в процессе обработки диагностических данных магнитных секций MFL и TFI проводится регистрация амплитуды сигнала (в том числе максимальной) в месте расположения дефекта и амплитуды бездефектного участка трубопровода в области дефекта (фоновая амплитуда), записанные значения сохраняются в базу данных, содержащую результаты обнаружения дефектов. При наличии двух и более последовательных пропусков ВИП (инспекций) с магнитными секциями MFL и TFI проводится сопоставление амплитуды сигнала от дефекта, зарегистрированного по данным текущей инспекции с амплитудой сигнала того же дефекта, зарегистрированного по данным предыдущих инспекций. Оценивается изменение параметров дефекта в промежутке между инспекциями. Дефект определяется как растущий при соблюдении следующих условий:

10

15

- наличие сигнала от дефекта на данных текущей инспекции при отсутствии на данных предыдущих инспекций;
- превышении определенного значения разницы параметров дефекта, определенных по данным текущей инспекции над параметрами дефекта, определенных по данным предыдущих инспекций.

20

Ниже приведены примеры осуществления заявляемого способа.

25

Пример 1. Для трубопровода с толщиной стенки 15 мм способ осуществляют следующим образом.

Проводят сопоставление максимальных амплитуд сигнала от дефектов, зарегистрированных на участке трубопровода с толщиной стенки 15 мм (фиг. 1) для каждого дефекта, зарегистрированного по данным обоим последовательных инспекций, при котором рассчитывают разницу амплитуд сигнала по формуле

30

$\Delta A = A_{\text{текущ}} - A_{\text{предыдущ}}$ . Из полученной выборки  $\Delta A$  удаляют значения «выбросов». Данная операция необходима для определения границ порога разброса отклонения амплитуды сигнала для нерастущих дефектов. Исключение «выбросов» проводят по следующему алгоритму:

35

- 1) рассчитывают среднее разницы двух амплитуд сигнала по формуле

$$\Delta A_{\text{средн}} = \Sigma \Delta A / n, \text{ где } n - \text{ количество дефектов;}$$

- 2) рассчитывают среднеквадратичное отклонение разницы двух амплитуд сигнала

40

$$\text{СКО} \text{ по формуле } \text{СКО} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (\Delta A_i - \overline{\Delta A})^2};$$

- 3) проводят исключение «выбросов» из выборки по критерию

$$|\Delta A| > |\Delta A_{\text{средн}} + 3 \times \text{СКО}|;$$

45

4) для полученной в результате исключения «выбросов» выборки повторяют операции по п. 1) - 3) до тех пор, пока в выборке не останется значений  $|\Delta A| > |\Delta A_{\text{средн}} + 3 \times \text{СКО}|$ . Далее рассчитывают среднеквадратичное отклонение разницы двух амплитуд сигнала

по отфильтрованной выборке **СКОДА**. Определяют верхний порог 95% доверительного интервала разницы двух амплитуд сигнала по формуле  $1,96 \times \text{СКОДА}$ . Определяют граничное значение разницы амплитуд сигналов  $\Delta A_{\text{гранич}} = \Delta A_{\text{средн}} + 1,96 \times \text{СКОДА}$ , при превышении которого дефект считают растущим (фиг. 3). После этого на исходную выборку накладывают полученный порог браковки и определяют растущие дефекты (фиг. 5).

Пример 2. Для трубопровода с толщиной стенки 27 мм способ осуществляют аналогично примеру 1. Полученные данные для трубопровода с толщиной стенки 27 мм при осуществлении способа представлены на фиг. 2, 4, 6.

Пример 3. Для выявления растущих дефектов при наличии в составе трубопровода участков труб с различной толщиной стенки способ осуществляют аналогично примеру 1, при этом проводят сопоставление относительных амплитуд сигнала от дефектов, определяемых по формуле  $A_{\text{отн}} = (A_{\text{макс}} - A_{\text{фон}}) / A_{\text{фон}}$ . Фоновую амплитуду сигнала  $A_{\text{фон}}$  определяют как медиану всех значений амплитуд сигнала, зарегистрированных в секции трубопровода. Данная операция позволяет проводить анализ выявления растущих дефектов без разделения выборки дефектов по участкам труб с различной толщиной стенки (фиг. 7, 8, 9).

Пример 4. Для того, чтобы учитывать неравномерность разброса отклонения амплитуды сигнала для нерастущих дефектов в зависимости от значения амплитуды сигнала от дефекта, способ осуществляют по результатам сравнения относительных амплитуд с наложением порога браковки, определенного по значению частных порогов браковки, аналогично примеру 1, при этом проводят сопоставление относительных амплитуд сигнала от дефектов с использованием зависимости разброса относительной амплитуды от начального значения относительной амплитуды, для чего имеющуюся выборку дефектов разбивают на подвыборки по значению амплитуды сигнала предыдущего пропуска. Для каждой подвыборки определяют частный порог браковки, а общий порог браковки определяют как линию регрессии к частным порогам браковки (фиг. 10).

Пример 5. Для выявления растущих дефектов при различных характеристиках датчиков ВИП по регистрации амплитуды сигнала магнитного поля рассеяния способ осуществляют аналогично примеру 1, при этом проводят анализ соответствия амплитуд сигнала данных предыдущей и текущей инспекции (фиг. 11). Данная операция необходима для приведения значения амплитуд сигнала текущего пропуска к значениям относительных амплитуд сигнала предыдущего пропуска для осуществления возможности их сравнения.

Приведение осуществляют следующим образом:

- по значениям относительных амплитуд сигнала данных предыдущей и текущей инспекции определяют корреляционную функцию вида

$$A_{\text{отн.текущ}} = k \times A_{\text{отн.предыдущ}};$$

- значения амплитуд сигнала текущего пропуска приводят к значениям относительных амплитуд сигнала предыдущего пропуска (фиг.12) по формуле

$$A_{\text{отн.прив}} = A_{\text{отн.текущ}} / k$$

- далее проводят определение значения порогов браковки аналогично примеру 1. Изобретение позволяет выявлять растущие в межинспекционный период дефекты

(которые являются наиболее опасными) по результатам сопоставления данных последовательных пропусков (инспекций) ВИП по магистральным трубопроводам, что позволяет предотвратить разрушение трубопровода по развивающимся плоскостным дефектам (трещинам в сварных швах и телу трубы), оптимизировать ремонт коррозионных дефектов, выявляя участки трубопровода с развивающейся коррозией, оценить работоспособность систем защиты трубопровода от коррозии и более точно определить межремонтные сроки участков трубопроводов.

Данный способ выявления растущих дефектов подтвержден при проведении испытаний на полигоне АО «Транснефть - Диаскан».

(57) Формула изобретения

1. Способ выявления растущих дефектов стенки трубы и сварных швов трубопроводов и ремонтных конструкций, установленных на трубопроводы, согласно которому определяют критерий выявления растущих дефектов,

проводят сопоставление параметров сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции, с параметрами сигналов тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущей инспекции,

вычисляют разницу параметров сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным всех инспекций,

оценивают изменение параметров дефектов в промежутке между инспекциями, и по результатам оценки осуществляют отнесение дефекта к растущему, отличающийся тем, что

проводят анализ соответствия амплитуд сигнала данных предыдущей и текущей инспекции,

критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущей инспекции, при котором

рассчитывают разницу амплитуд сигнала

$$\Delta A = A_{\text{текущ}} - A_{\text{предыдущ}},$$

из полученной выборки  $\Delta A$  удаляют значения «выбросов», при котором

рассчитывают среднее разницы двух амплитуд сигнала  $\Delta A_{\text{средн}}$ ,

рассчитывают среднеквадратичное отклонение (СКО) разницы двух амплитуд сигнала,

проводят исключение «выбросов» из выборки по критерию

$$|\Delta A| > |\Delta A_{\text{средн}} + 3 \times \text{СКО}|,$$

повторяют вычисления по удалению значений «выбросов» из полученной выборки  $\Delta A$  до тех пор, пока в выборке не останется значений, удовлетворяющих этому критерию,

рассчитывают среднеквадратичное отклонение  $\text{СКО}_{\Delta A}$  разницы двух амплитуд сигнала по отфильтрованной выборке,

определяют верхний порог 95% доверительного интервала разницы двух амплитуд сигнала по формуле  $1,96 \times \text{СКО}_{\Delta A}$ ,

определяют граничное значение разницы амплитуд сигналов по формуле

$$\Delta A_{\text{гранич}} = \Delta A_{\text{средн}} + 1,96 \times \text{СКО}_{\Delta A},$$

при превышении которого дефект считают растущим,

на исходную выборку накладывают полученный порог браковки и определяют растущие дефекты,

кроме того, дефект также относят к растущему в случае наличия сигнала от дефекта на данных текущей инспекции при его отсутствии на данных предыдущей инспекции.

5 2. Способ выявления растущих дефектов по п. 1, отличающийся тем, что критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления максимальных амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с максимальными амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущей инспекции.

10 3. Способ выявления растущих дефектов по п. 1, отличающийся тем, что критерий выявления растущих дефектов определяют путем сопоставления относительных амплитуд сигналов от дефектов, зарегистрированных по данным текущей инспекции с относительными амплитудами сигналов от тех же дефектов, зарегистрированных по данным предыдущей инспекции, определяемых по формуле:

$$15 \quad A_{\text{отн}} = (A_{\text{макс}} - A_{\text{фон}}) / A_{\text{фон}}, \text{ где}$$

$A_{\text{макс}}$  - максимальное значение амплитуды сигнала в области дефекта;

$A_{\text{фон}}$  - значение фоновой амплитуды.

20 4. Способ выявления растущих дефектов по п. 3, отличающийся тем, что сопоставление относительных амплитуд сигнала от дефекта осуществляют с использованием зависимости разброса относительной амплитуды от начального значения относительной амплитуды, для чего имеющуюся выборку дефектов разбивают на подвыборки по значению амплитуды сигнала предыдущей инспекции, при этом для каждой подвыборки определяют частный порог браковки, а общий порог браковки  
25 определяют как линию регрессии к частным порогам браковки.

5. Способ выявления растущих дефектов по п. 3, отличающийся тем, что при определении критерия выявления растущих дефектов, расположенных под ремонтными конструкциями, значение фоновой амплитуды  $A_{\text{фон}}$  определяют как амплитуду сигнала  
30 бездефектной стенки трубопровода, расположенной под ремонтной конструкцией.

6. Способ выявления растущих дефектов по п. 3, отличающийся тем, что проводят анализ соответствия амплитуд сигнала данных предыдущей и текущей инспекции, при котором

определяют корреляционную функцию вида

$$35 \quad A_{\text{отн.текущ}} = k \times A_{\text{отн.предыдущ}},$$

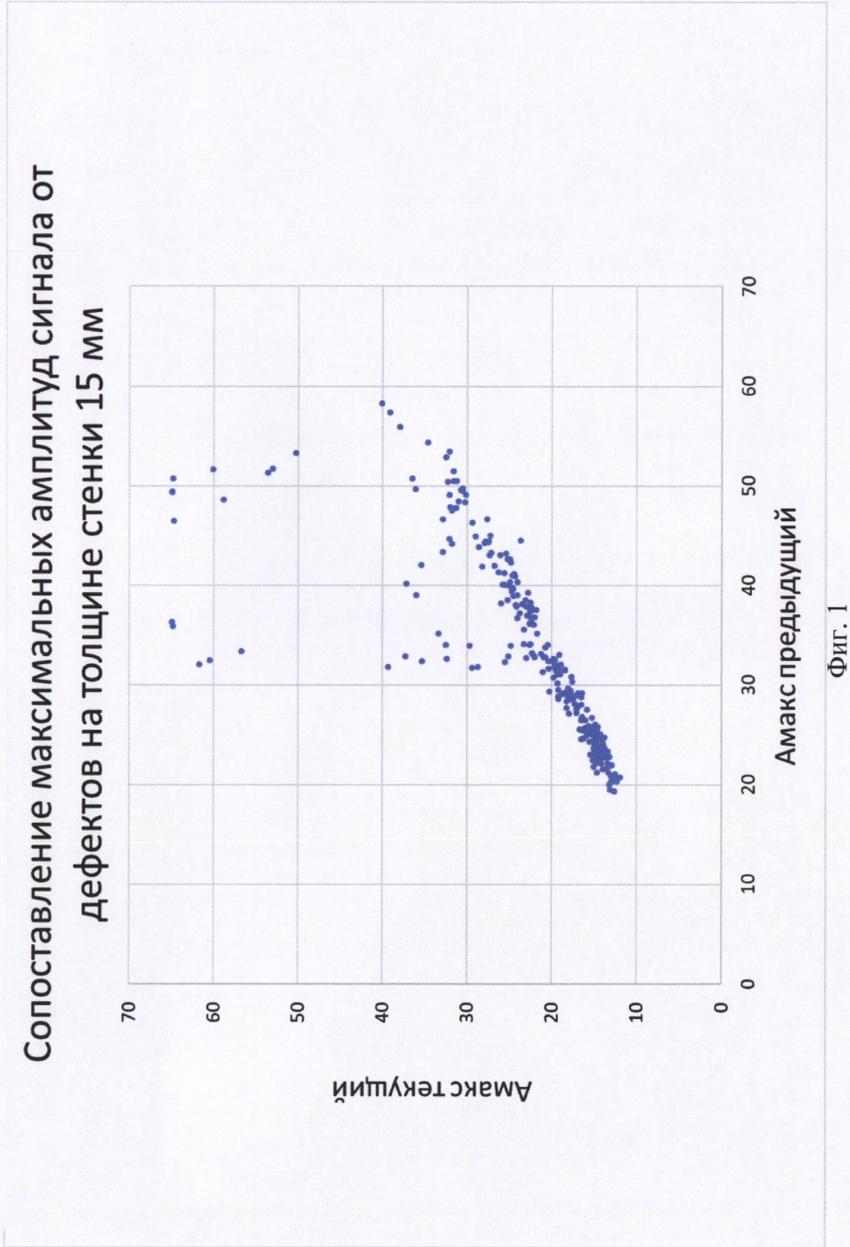
вычисляют коэффициент приведения амплитуд сигнала  $k$ ,

значения относительных амплитуд сигнала текущей инспекции приводят к значениям относительных амплитуд сигнала предыдущей инспекции по формуле

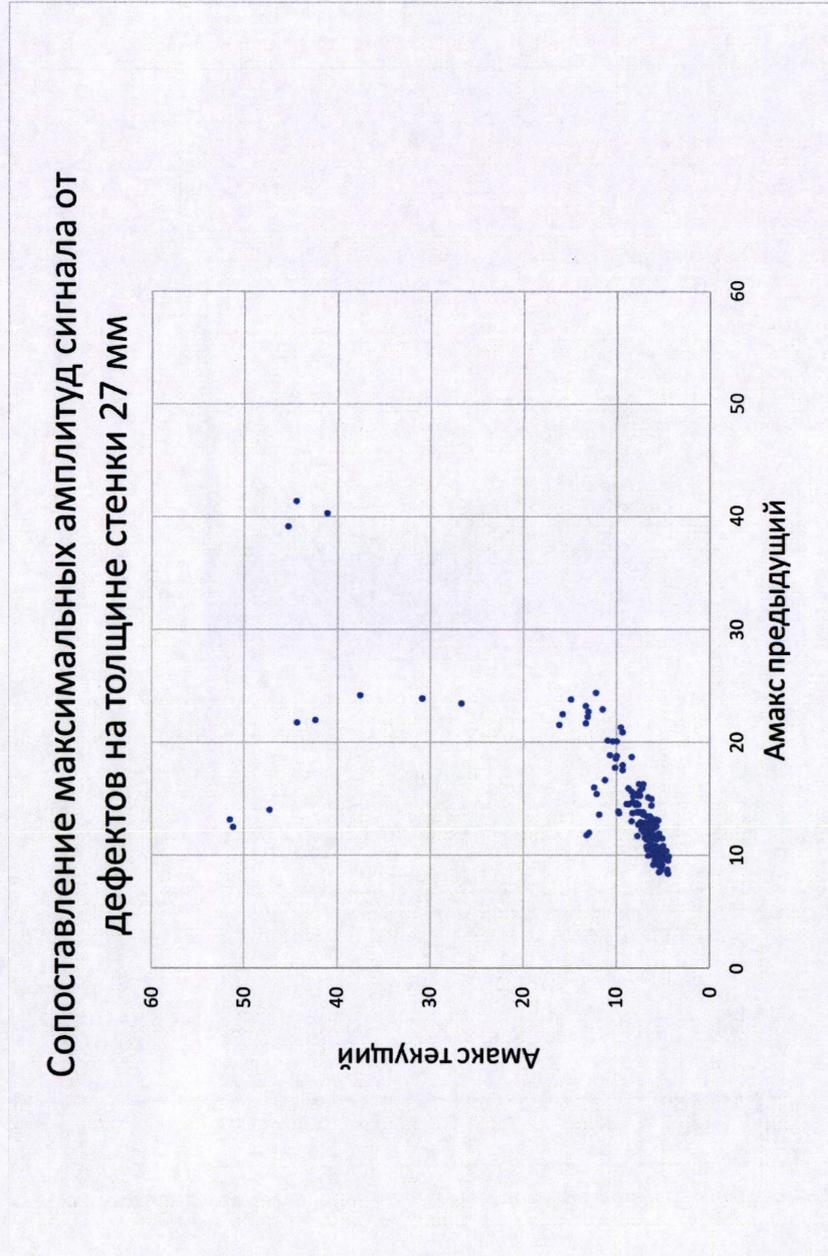
$$40 \quad A_{\text{отн.прив}} = A_{\text{отн.текущ}} / k,$$

и далее для определения критерия выявления растущих дефектов проводят сопоставление приведенных относительных амплитуд сигналов.

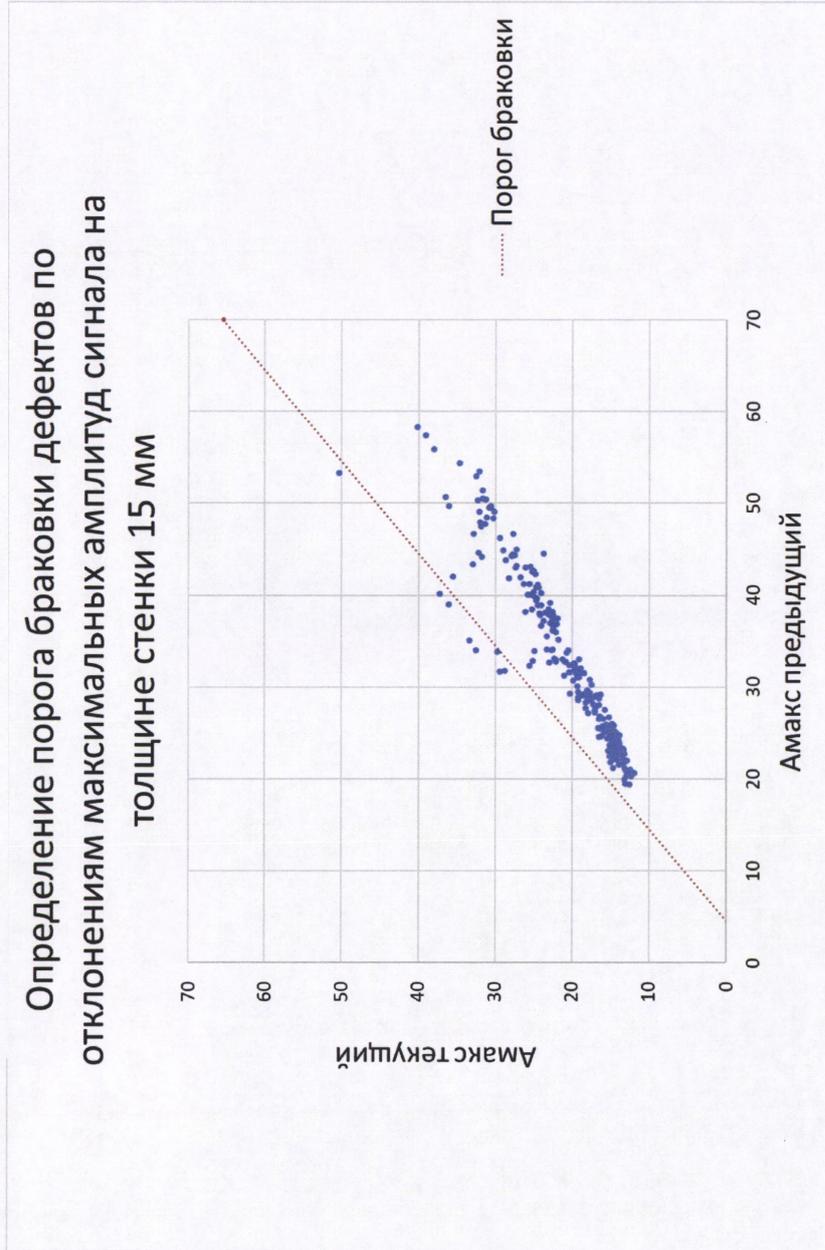
1



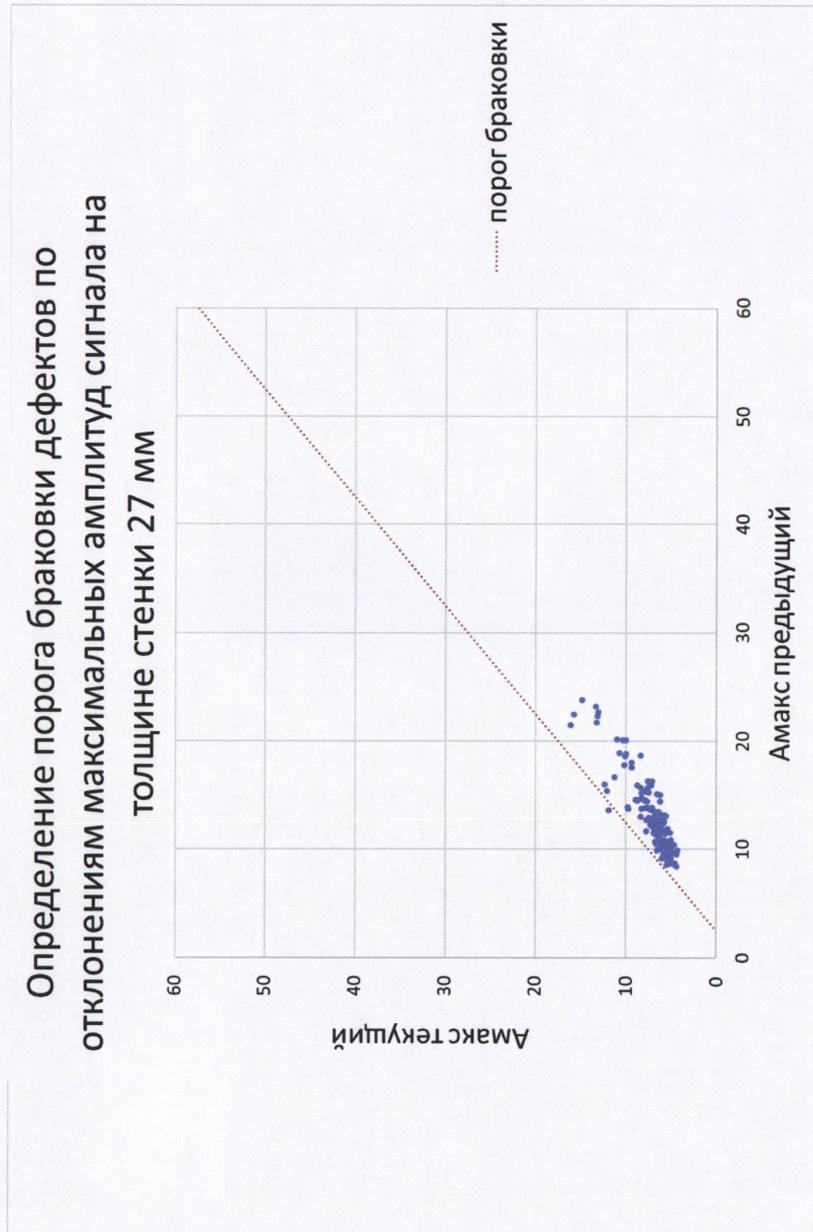
2



Фиг. 2

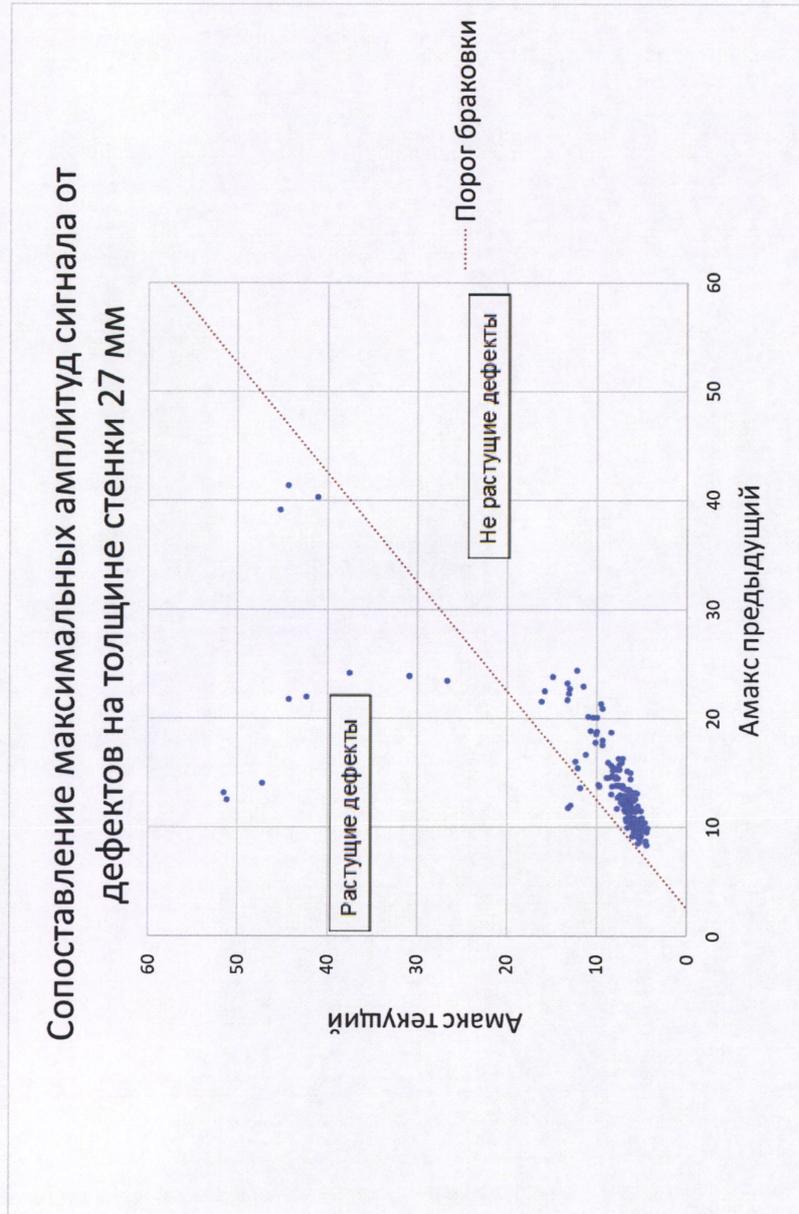


Фиг. 3

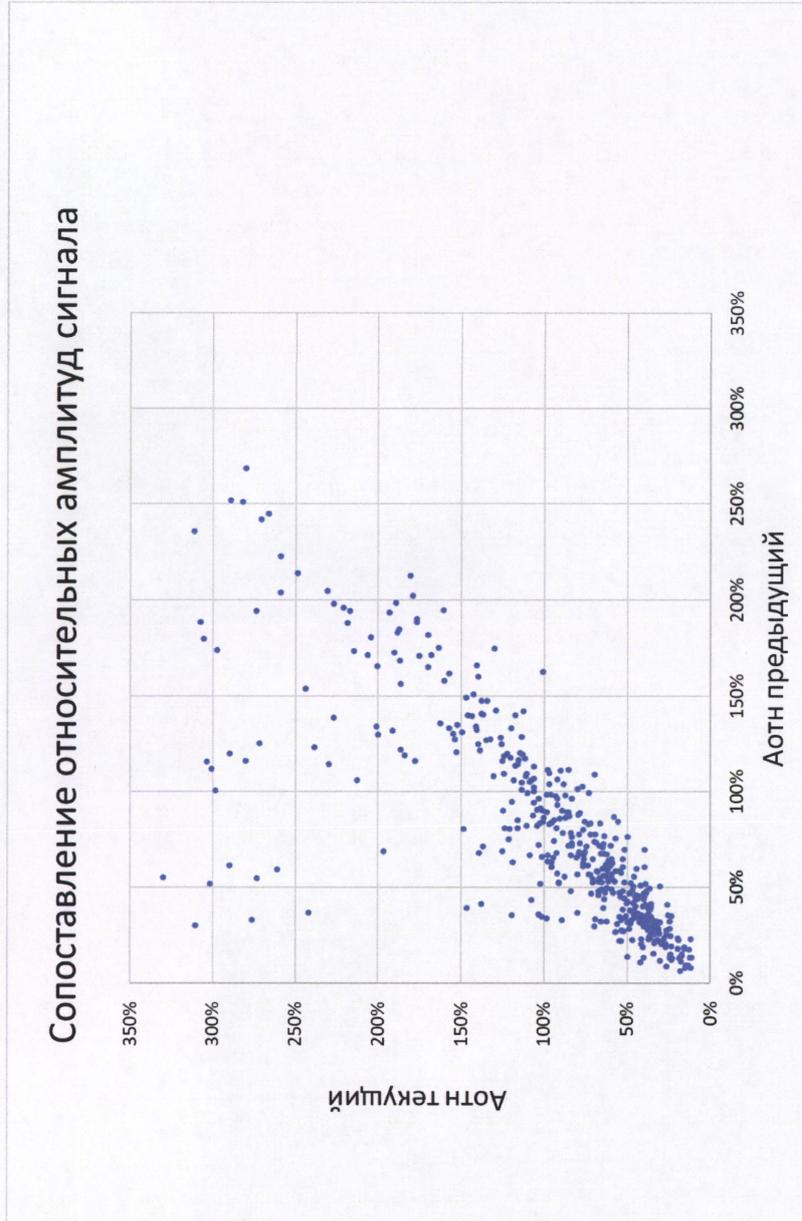


Фиг.4

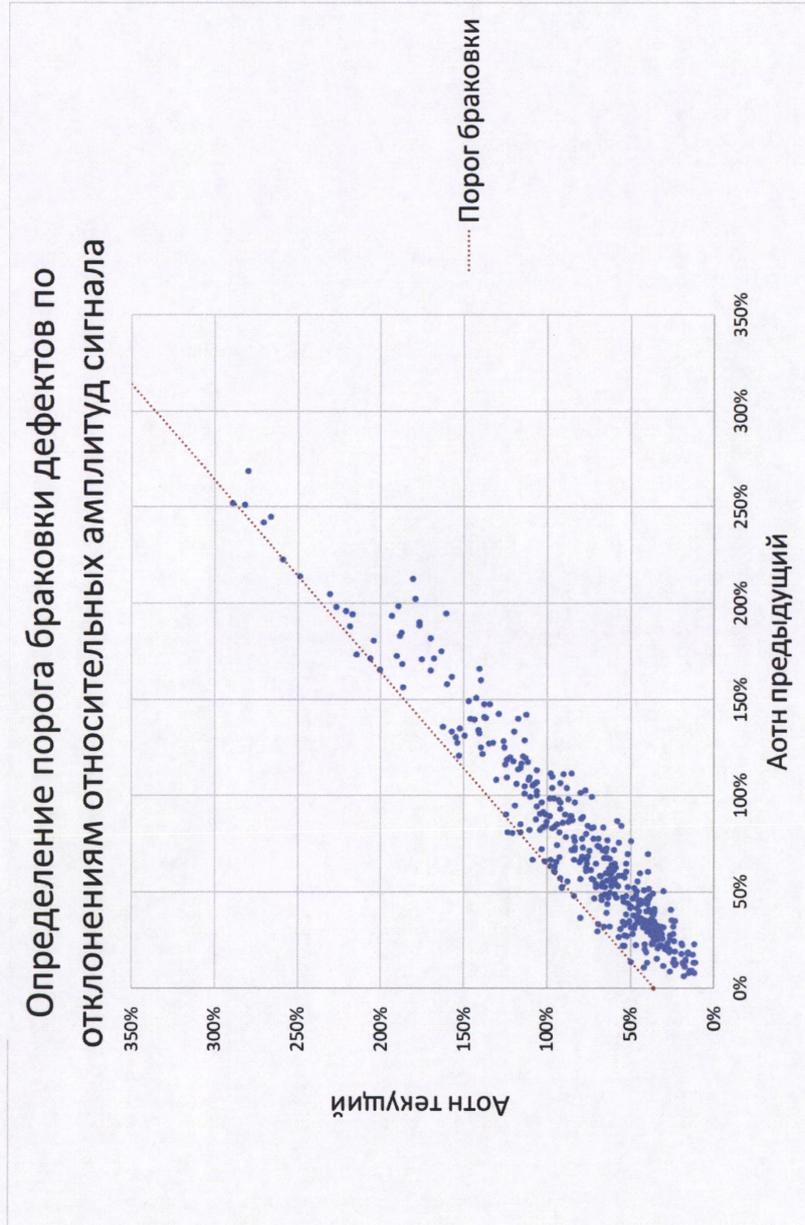




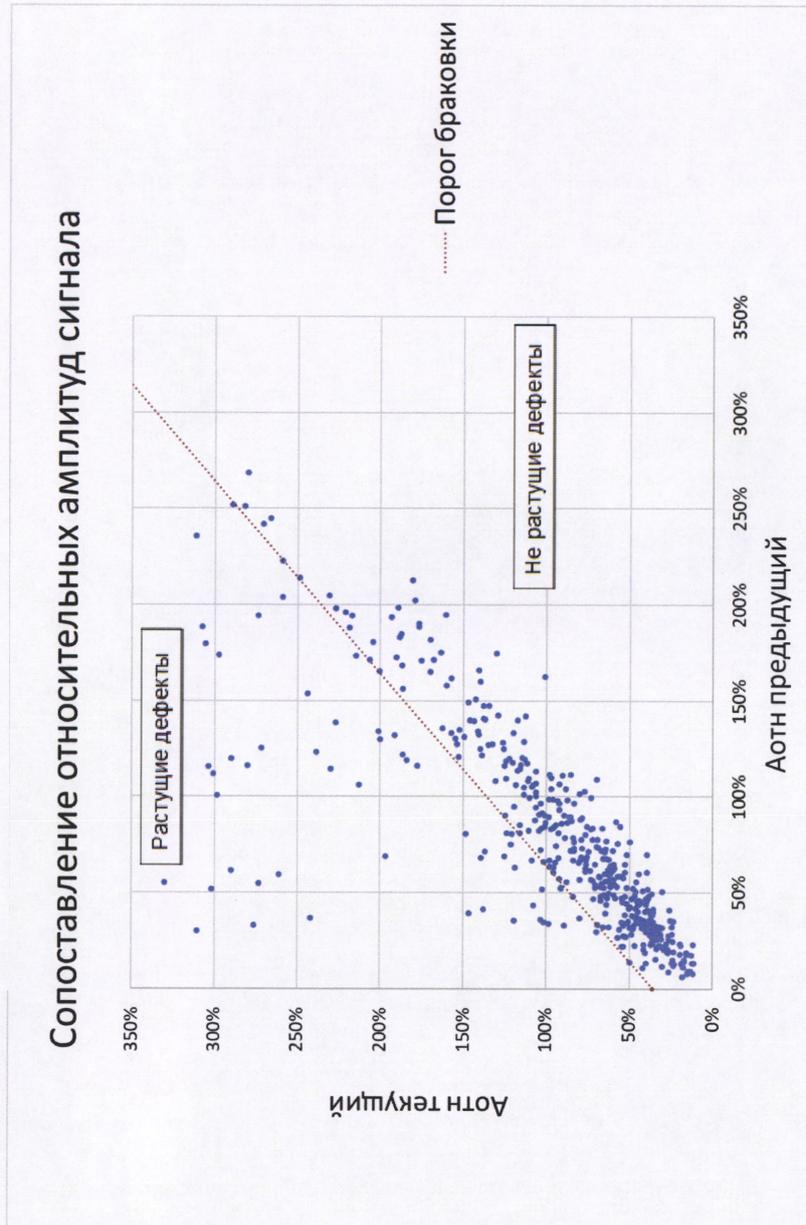
Фиг.6



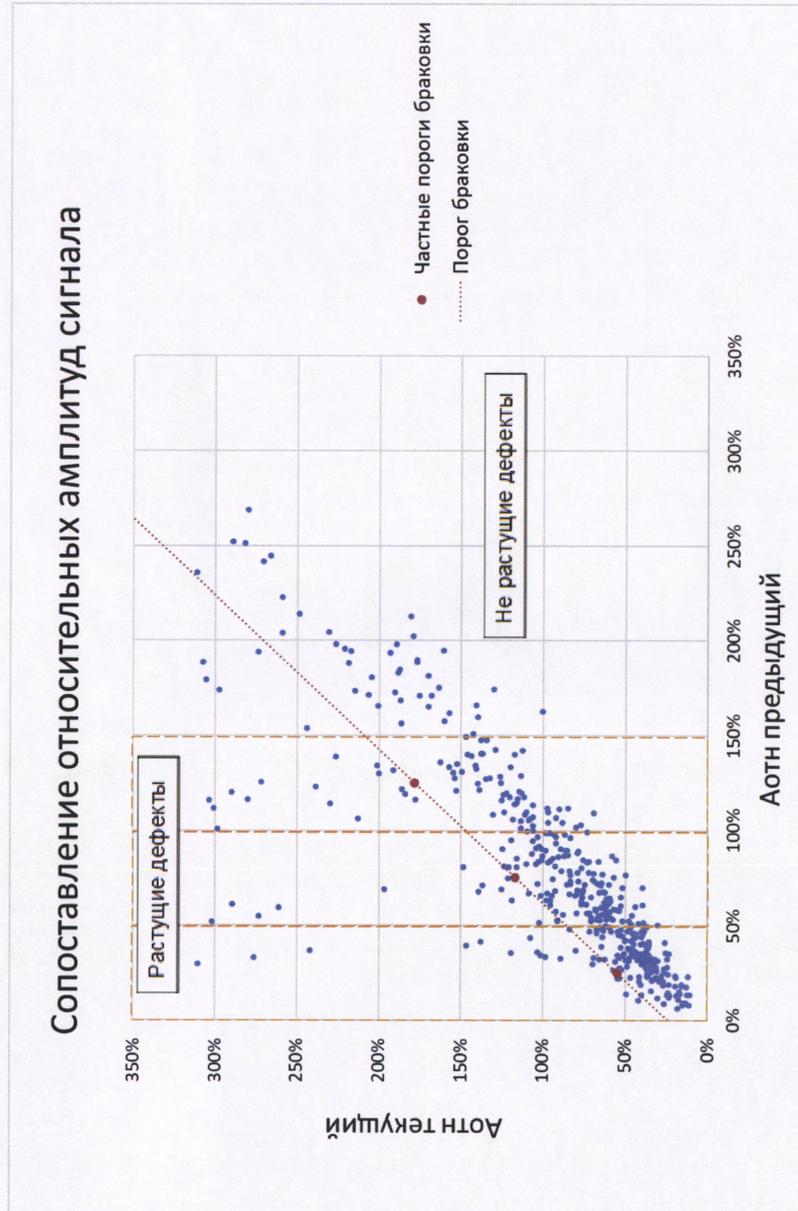
Фиг. 7



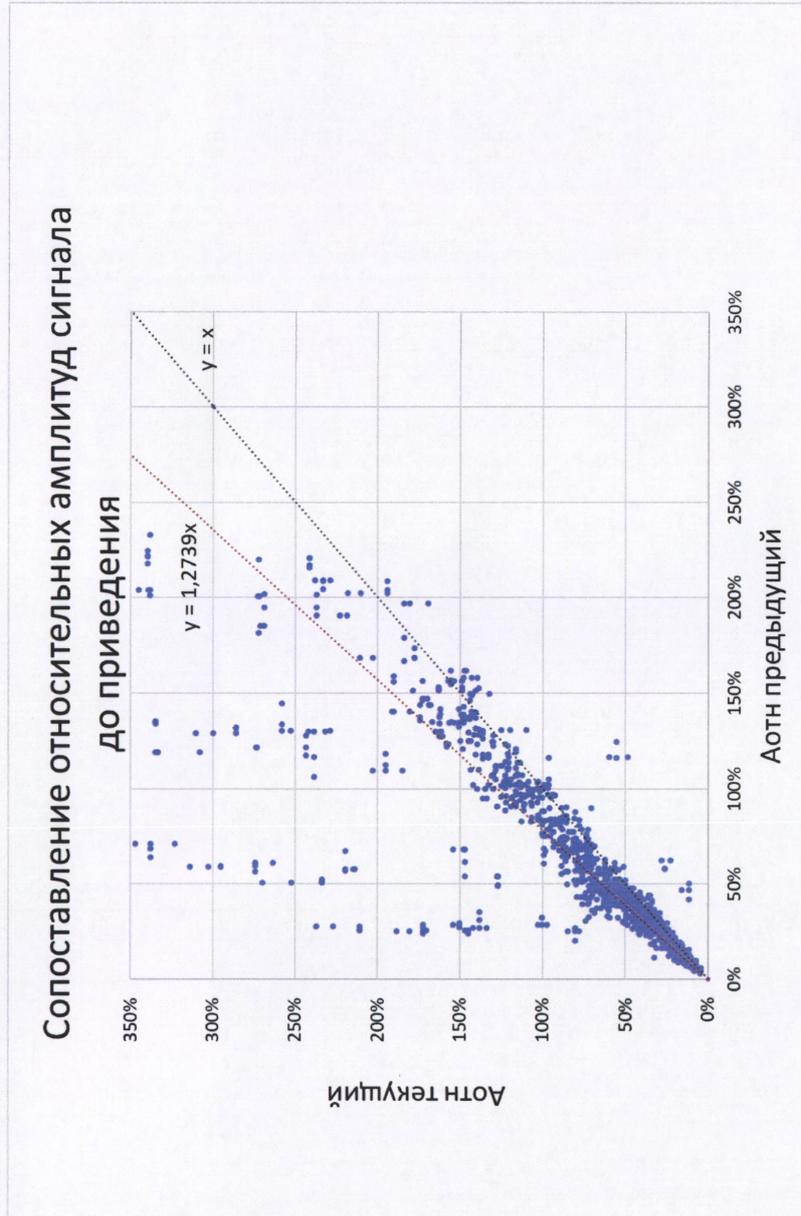
Фиг. 8



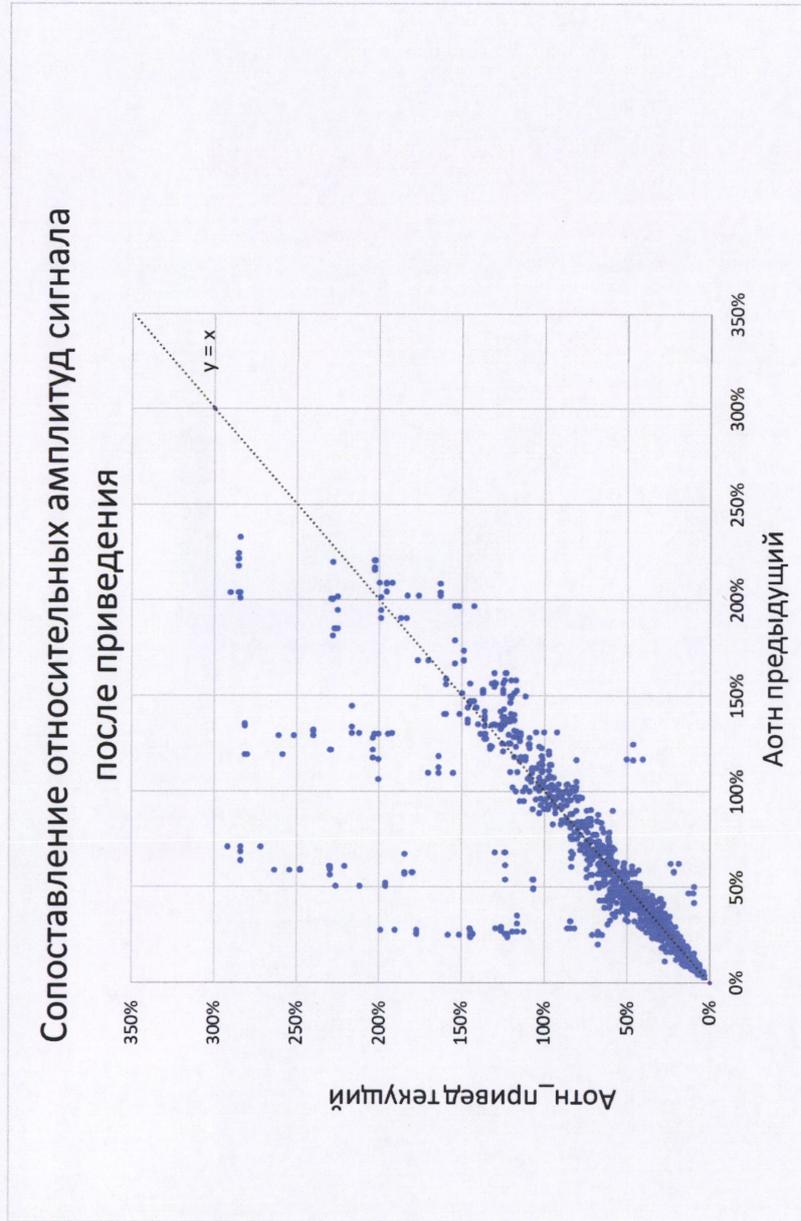
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12