



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 29/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018102654, 23.01.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.01.2018

Дата регистрации:
28.12.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.01.2018

(45) Опубликовано: 28.12.2018 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

644046, г. Омск, пр-кт Маркса, 35, ФГБОУ ВО
"Омский государственный университет путей
сообщения"

(72) Автор(ы):

Ахмеджанов Равиль Абдрахманович (RU),
Федотов Александр Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Омский государственный
университет путей сообщения" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2523043 C1, 20.07.2014. RU
2271446 C1, 10.03.2006. RU 2089896 C1,
10.09.1997. RU 2350833 C1, 27.03.2009. US
5416724 A, 16.05.1995. WO 02070946 A2,
12.09.2002.

(54) Способ обнаружения несанкционированных воздействий на трубопровод

(57) Реферат:

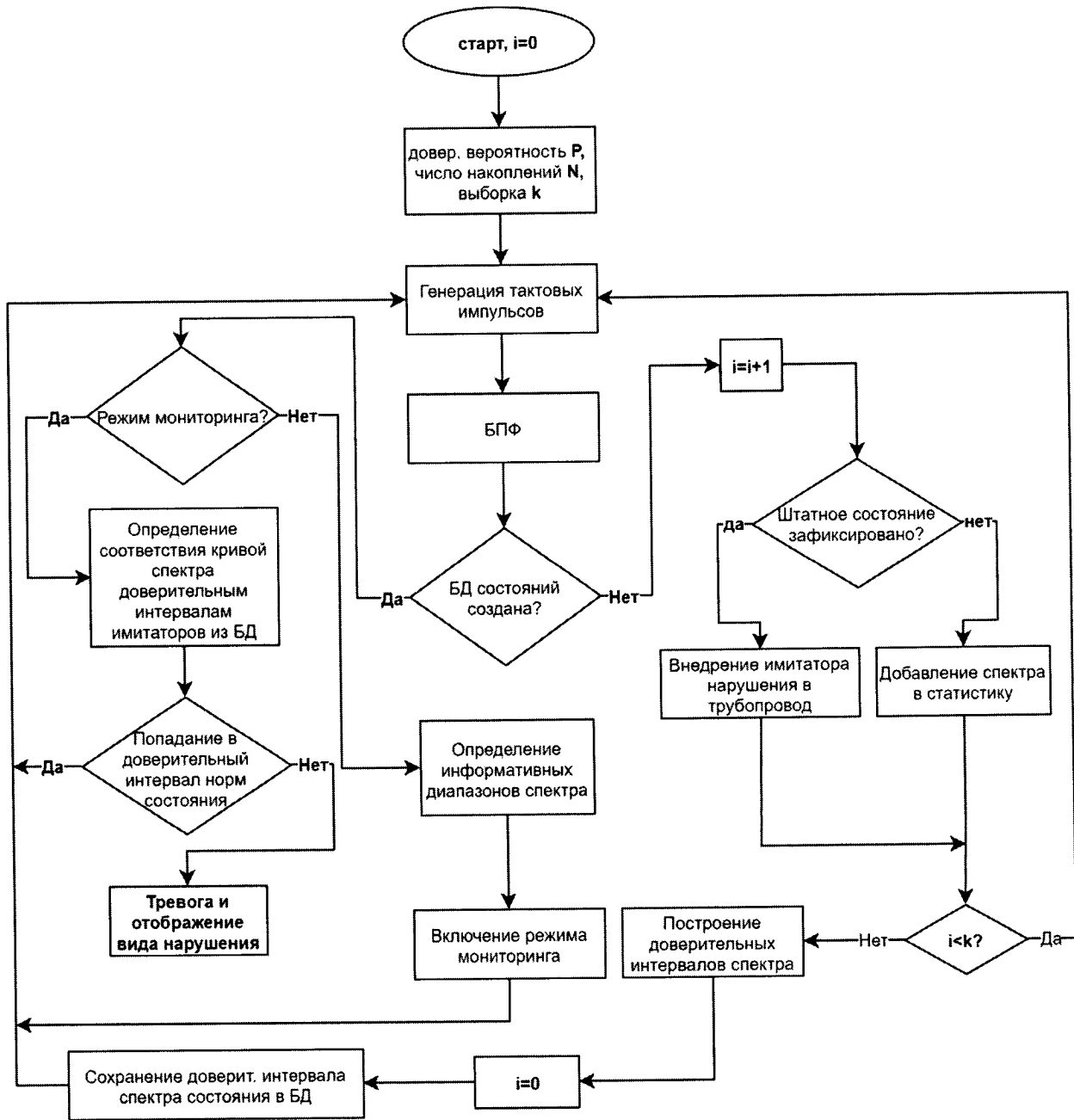
Использование: для обнаружения несанкционированных воздействий на трубопровод. Сущность изобретения заключается в том, что возбуждают трубопровод зондирующими периодическими виброимпульсами, формируют образцовые уровни сигналов, имитирующих несанкционированные воздействия, и принимают решение по результатам сравнения накопленных сигналов, принимаемых от равноудаленных точек по разные стороны от места зондирования трубопровода, при этом разностный сигнал получают путем сравнения предварительно преобразованных в спектры частот сигналов от

равноудаленных точек, упомянутые эталонные уровни формируют в виде доверительных интервалов в предварительно выделенных частотных диапазонах рабочего спектра с привязкой к определенному виду несанкционированного воздействия, и решение по обнаружению последнего и о его виде принимают по попаданию спектра разностного накопленного сигнала в соответствующий доверительный интервал. Технический результат: обеспечение возможности обнаружить и идентифицировать с большой достоверностью вид несанкционированного воздействия. 4 ил.

RU 2 676 386 C1

RU 2 676 386 C1

Схема алгоритма работы
микроконтроллера



Фиг. 2

RU 2676386 C1

RU 2676386 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 29/04 (2006.01)

(21)(22) Application: **2018102654, 23.01.2018**

(24) Effective date for property rights:
23.01.2018

Registration date:
28.12.2018

Priority:

(22) Date of filing: **23.01.2018**

(45) Date of publication: **28.12.2018** Bull. № 1

Mail address:

**644046, g. Omsk, pr-kt Marksa, 35, FGBOU VO
"Omskij gosudarstvennyj universitet putej
soobshcheniya"**

(72) Inventor(s):

**Akhmedzhanov Ravil Abdrakhmanovich (RU),
Fedotov Aleksandr Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Omskij gosudarstvennyj
universitet putej soobshcheniya" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETECTING UNAUTHORIZED IMPACT ON PIPELINE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: using to detect unauthorized impacts on the pipeline. Summary of invention is that excite the pipeline with probing periodic vibration impulses, form exemplary levels of signals that mimic unauthorized effects, and decide on the results of the comparison of accumulated signals, received from equidistant points on opposite sides of the probing site of the pipeline, while the differential signal is obtained by comparing the signals previously converted into spectra of frequencies from equidistant points, the mentioned

reference levels are formed in the form of confidence intervals in the previously selected frequency ranges of the working spectrum with reference to a certain type of unauthorized exposure, and the decision on the detection of the latter and on its form is made by entering the spectrum of the difference accumulated signal into the corresponding confidence interval.

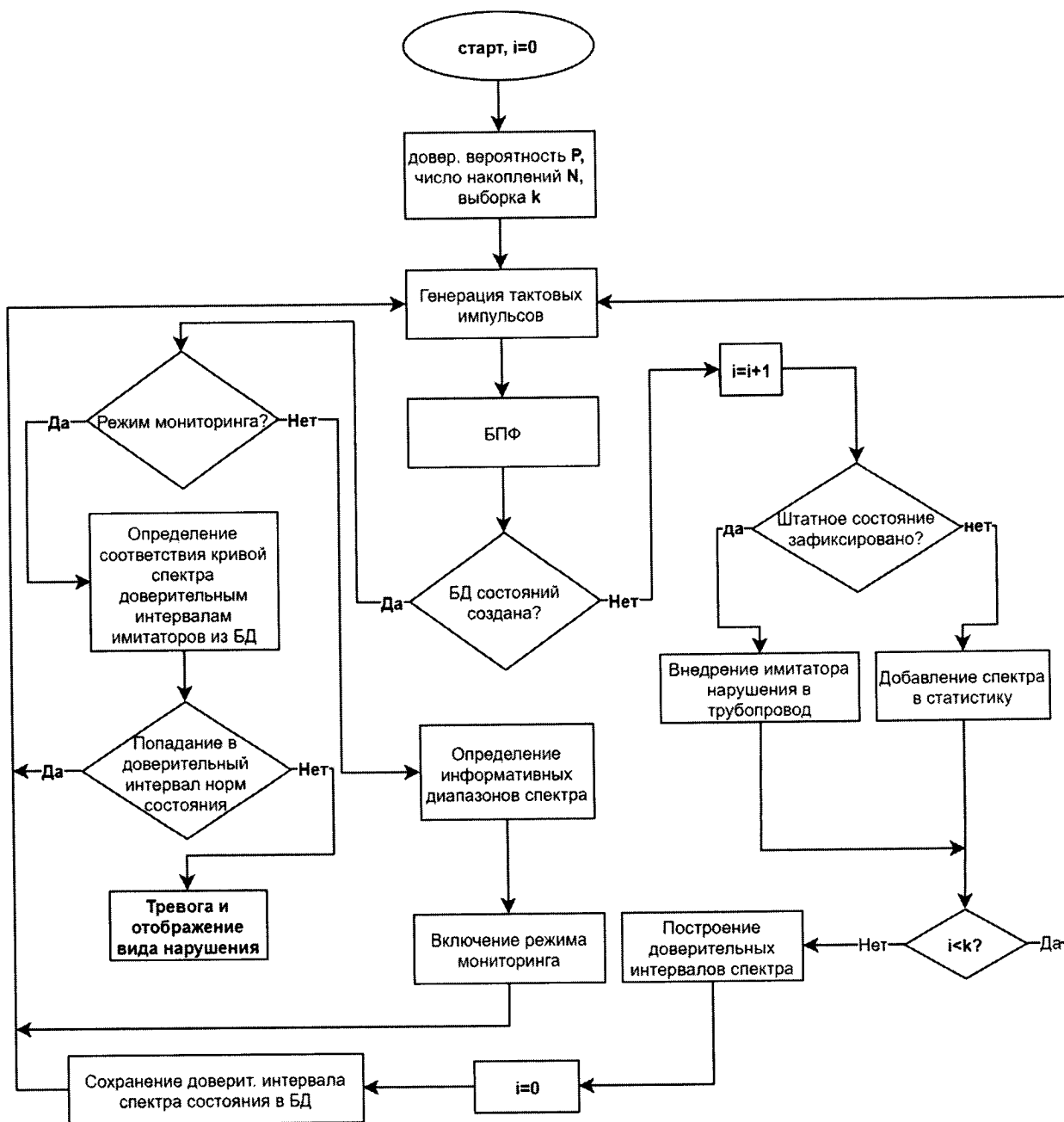
EFFECT: providing the ability to detect and identify the type of unauthorized exposure with great certainty.

1 cl, 4 dwg

RU 2 676 386 C1

RU 2 676 386 C1

Схема алгоритма работы
микроконтроллера



Фиг. 2

RU 2676386 C1

RU 2676386 C1

Изобретение относится к контролю безопасности эксплуатируемых магистральных трубопроводов для обнаружения несанкционированных воздействий, например: создания шурфов, монтажа врезок в трубу, утечек перекачиваемого продукта, закладок взрывчатых веществ.

5 Известен способ мониторинга виброакустических характеристик протяженного объекта [Пат 2271446, Российская Федерация, МПК E21B 47/00, G01H 9/00. «Устройство для мониторинга виброакустической характеристики протяженного объекта» [текст] / Горшков Б. Г., Зафирный М.В., Кулаков А.Т.].

10 Данный способ мониторинга виброакустических характеристик заключается в том, что вдоль трубопровода прокладывают волоконно-оптический кабель, на одном конце которого в него вводят импульсное излучение, регистрируемое на его другом конце. При изменении виброакустических характеристик объекта (прорыв трубы, ее просадка и др.) регистрируемый сигнал изменяется (из-за деформации оптоволоконной системы «жидкость - оболочка трубы - изоляция - окружающая среда»). 15 Недостатком способа является малая помехоустойчивость, обусловленная присутствием источников сопутствующих сейсмических сигналов на трассе пролегания трубопровода (корни деревьев при наличии ветра, движение техники в прилегающей местности и др.).

Известен «Способ обнаружения изменений параметров среды в окружении 20 заглубленного магистрального трубопровода» [Пат. 2463590, Российская Федерация: МПК G01N 29/04 (2006.01), 10.10.2012 / Б.Н. Епифанцев, А.А. Федотов]. Он основан на возбуждении периодической последовательности прозванивающих импульсов на одном конце трубопровода, регистрации их на другом конце и принятии решения по результатам анализа регистрируемых импульсов, при этом прозванивающие импульсы 25 возбуждают в оболочке контролируемого трубопровода, а каждый из принимаемых импульсов совмещают с предыдущим, полученный таким образом текущий суммарный импульс после регистрации очередного импульса коррелируется с эталонными, полученными ранее аналогичным способом на этом же участке трубопровода с имитированными состояниями, признанными опасными, и при превышении 30 максимальным коэффициентом корреляции из числа полученных установленного уровня принимают решение о наличии интересующего изменения параметров на трассе пролегания трубопровода и вида этого изменения, после чего процесс, мониторинга объекта контроля продолжают, а принятое решение по существующим каналам связи передают в службу безопасности. Однако изменения параметров окружающей среды 35 (температуры, атмосферных явлений, ветровых воздействий и т.д.) приводят к изменениям упругих параметров трубопровода и, следовательно, неконтролируемым изменениям принимаемых сигналов.

Наиболее близким техническим решением является «Способ обнаружения предвестников чрезвычайных ситуаций на линейной части подземного магистрального 40 трубопровода» (Патент РФ №2523043 от 05.04.2013 г., автор Епифанцев Б.Н.), принятый в качестве прототипа предлагаемого изобретения.

Сущность изобретения заключается в том, что возбуждают трубу в заданном сечении периодической последовательностью виброакустических импульсов, которые регистрируют их в двух сечениях трубы, удаленных на одинаковые расстояния по обе 45 стороны от сечения возбуждения, накапливают суммы отсчетов интегралов от разностей регистрируемых сигналов, в качестве эталонов используют уровни, исходя из числа накоплений для искомого предвестника чрезвычайной ситуации в совокупности с расчетной оценкой значения ожидаемого сигнала в точках регистрации, и решение о

появлении этого предвестника принимают при превышении накопленного за цикл результата установленных для него эталонных уровней, при этом число накоплений в цикле определяют по задаваемой вероятности ложных решений для каждого предвестника. Способ позволяет сохранять надежность обнаружения предвестников

5 чрезвычайной ситуации (несанкционированных воздействий) на необходимом уровне в любое время года. Здесь в качестве «рабочего» информативного сигнала принят его уровень (амплитуда) в виде среднеквадратических отсчетов, но без частотных его проявлений, что ограничивает надежность обнаружения несанкционированных

10 воздействий и возможности идентификации видов несанкционированных воздействий.

Целью предлагаемого изобретения является повышение надежности обнаружения и обеспечения возможности идентификации несанкционированных воздействий на трубопровод.

Поставленная цель достигается тем, что способ обнаружения несанкционированных воздействий на трубопровод, заключающийся в его возбуждении зондирующими

15 периодическими виброимпульсами, формировании образцовых уровней сигналов, имитирующих несанкционированные воздействия, и принятии решения по результатам сравнения накопленных сигналов, принимаемых от равноудаленных и по обе стороны от точки зондирования трубопровода, дополнен тем, что, согласно изобретению, разностный сигнал получают путем сравнения предварительно преобразованных в

20 спектры частот сигналов от равноудаленных точек, упомянутые образцовые уровни формируют в виде доверительных интервалов в предварительно выделенных частотных диапазонах рабочего спектра с привязкой каждого из них к определенному виду несанкционированного воздействия, и решение по обнаружению последнего и о его виде принимают по попаданию уровня разностного накопленного сигнала в

25 соответствующий доверительный интервал.

Предлагаемый способ поясняется нижеследующим описанием и прилагаемыми к нему фигурами: 1 - структурной схемой реализации способа, 2 - блок - схемой алгоритма его работы, 3 и 4 - областями непересекающихся доверительных интервалов частотного спектра сигналов на действующем трубопроводе, например, диаметром 400 мм с

30 жидкостью при заданной доверительной вероятности $P=0,99$ и выборке $N=180$ импульсов.

На фиг. 1 обозначено: трубопровода 1, окружающий трубопровод 1 грунт 2, микроконтроллер 3, генератор упругих колебаний 4,; вибропреобразователи 5, 6, двухканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 7 со схемой вычитания на выходе, линия задержки 8, накопитель сигналов 9, блок быстрого преобразования

35 Фурье (БПФ) 10.

Генератор упругих колебаний 4, запускаемый импульсами от тактового генератора в микроконтроллере 3, возбуждает колебания в трубопроводе 1, которые воспринимаются вибропреобразователями 5 и 6, подключенными к АЦП 7. Преобразование аналогового сигнала в цифровой и вычитание амплитуд от

40 вибропреобразователей 5 и 6 осуществляется после поступления импульса от тактового генератора в микроконтроллере 3 через линию задержки 8, компенсирующую время распространения упругих колебаний по трубопроводу. Дискретные отсчеты разностей сигналов вибропреобразователей 5 и 6 поступают на накопитель 9, реализующий когерентное накопление с усреднением заданного числа N импульсов, заданного в

45 микроконтроллере 3. Блок БПФ 10 преобразует накопленный сигнал в накопителе 9 в амплитудно-частотный спектр, который поступает в память микроконтроллера 3 и сохраняется в его накопителе.

Схема алгоритма микроконтроллера 3 показана на фиг. 2. Приведенная выше

последовательность операций повторяется ($N \cdot k$) раз, где N - число накопленных сигналов, $10k$ - требуемое количество итераций. При достижении заданного значения ($N \cdot k$), микроконтроллер 3 определяет по выборке из k полученных от БПФ 10 частотных спектров для каждой частоты n значения математического ожидания M_n ,

5 среднеквадратического отклонения σ_n и верхней и нижней границ доверительного интервала S_1 и S_2 :

$$S_1 = \frac{M_n - t \cdot \sigma_n}{\sqrt{N}}; S_2 = \frac{M_n + t \cdot \sigma_n}{\sqrt{N}},$$

10 где t - коэффициент, определяемый по матрице таблицы Стьюдента в памяти микроконтроллера 3 по заданным N и доверительной вероятности P .

Массив из $2n$ доверительных границ сохраняется в качестве эталонных в памяти микроконтроллера 3, который переходит в режим ожидания установки имитатора несанкционированного воздействия.

15 По результатам исследований, проведенных авторами, установлено, что достоверную информацию о виде несанкционированного воздействия можно извлечь из амплитудно-частотного спектра сигнала (фиг. 3, 4) [Федотов А.А. Активный помехоустойчивый виброакустический способ контроля состояния магистрального трубопровода: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / Федотов Александр Анатольевич; ОмГУПС. - Омск.,
20 2017. - 23 с].

В режиме ожидания формируется внедрение имитатора нарушения (например, шурф). После данной операции микроконтроллер 3 по внешней команде возобновляет подачу импульсов на генератор 4, и упомянутая последовательность операций (фиг. 1) запускается вновь.

25 При достижении необходимого количества доверительных границ в памяти микроконтроллера 3, соответствующих установленным имитаторам, микроконтроллер вычисляет зоны амплитудно-частотного спектра, не имеющие по амплитуде общих пересечений (например, восемь диапазонов на фиг. 3, 4), и переходит в режим мониторинга. Текущий накопленный образец амплитудного спектра разницы сигналов
30 от вибропреобразователей 5 и 6 накладывается на доверительные интервалы частотных диапазонов в зонах, обозначенных как информативные, и по попаданию кривой спектра в данные частотные границы идентифицируют вид воздействия.

Информативные диапазоны спектра «привязаны» к состояниям трубопровода (например, «без нарушения» и «шурф» на фиг 3, 4). Например, из выделенных частотных
35 диапазонов выбирают тот, в котором разница между границей, соответствующей доверительному интервалу при состоянии «без нарушения» и границей - «шурф», будет наибольшей.

40 Таким образом, работа с частотным представлением сигнала позволяет повысить надежность обнаружения за счет исключения неинформативной составляющей и выделить (идентифицировать) с большей достоверностью вид несанкционированного воздействия.

(57) Формула изобретения

45 Способ обнаружения несанкционированных воздействий на трубопровод, заключающийся в его возбуждении зондирующими периодическими виброимпульсами, формировании образцовых уровней сигналов, имитирующих несанкционированные воздействия, и принятии решения по результатам сравнения накопленных сигналов, принимаемых от равноудаленных точек по разные стороны от места зондирования

трубопровода, отличающийся тем, что разностный сигнал получают путем сравнения предварительно преобразованных в спектры частот сигналов от равноудаленных точек, упомянутые эталонные уровни формируют в виде доверительных интервалов в предварительно выделенных частотных диапазонах рабочего спектра с привязкой к определенному виду несанкционированного воздействия и решение по обнаружению последнего и о его виде принимают по попаданию спектра разностного накопленного сигнала в соответствующий доверительный интервал.

10

15

20

25

30

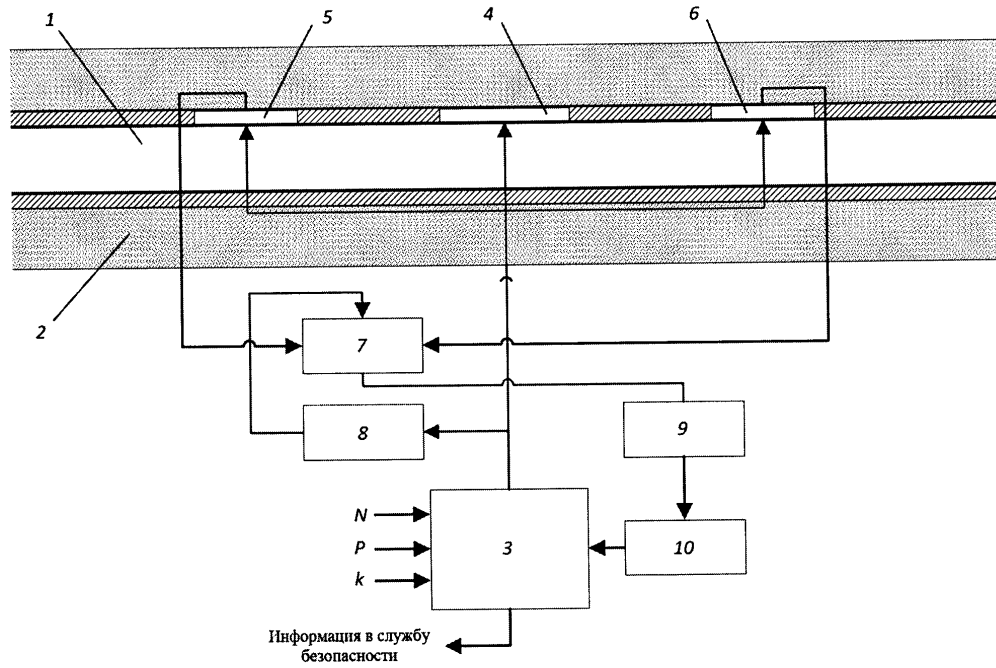
35

40

45

1

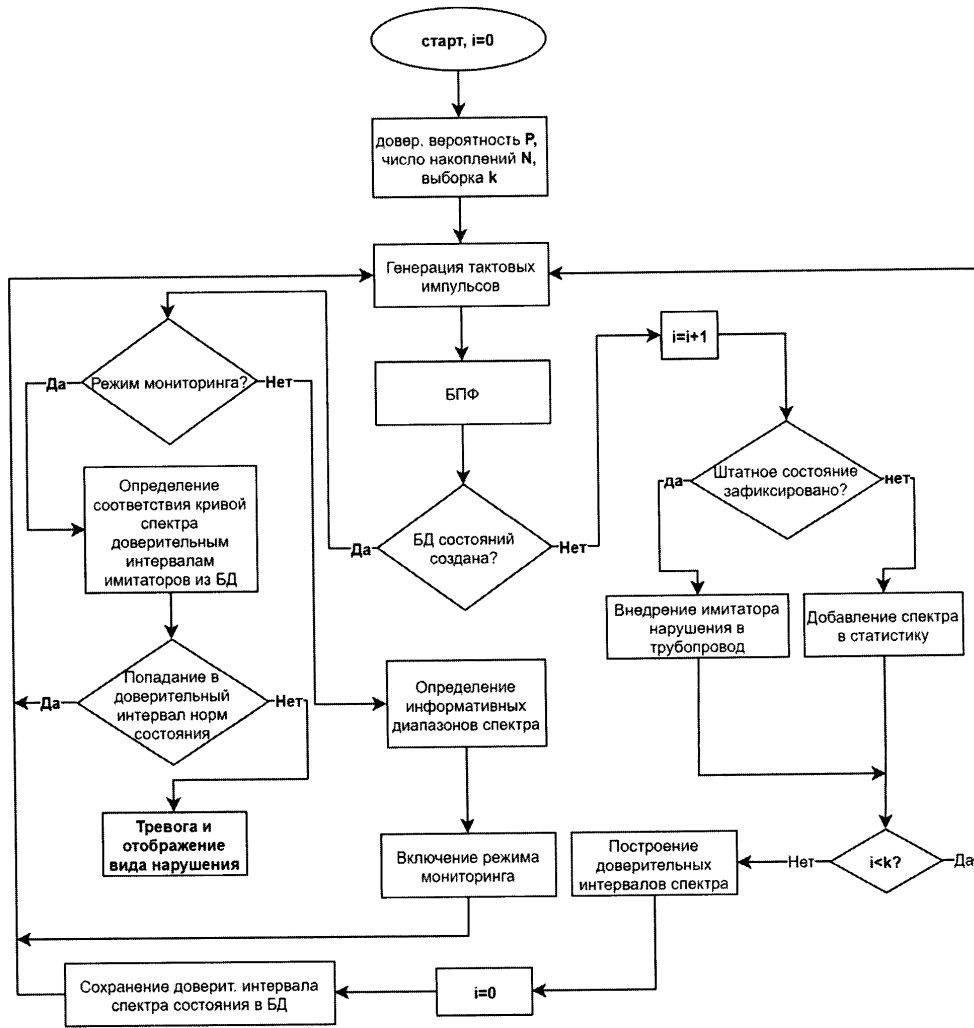
Структурная схема реализации способа
обнаружения несанкционированных
воздействий



Фиг. 1

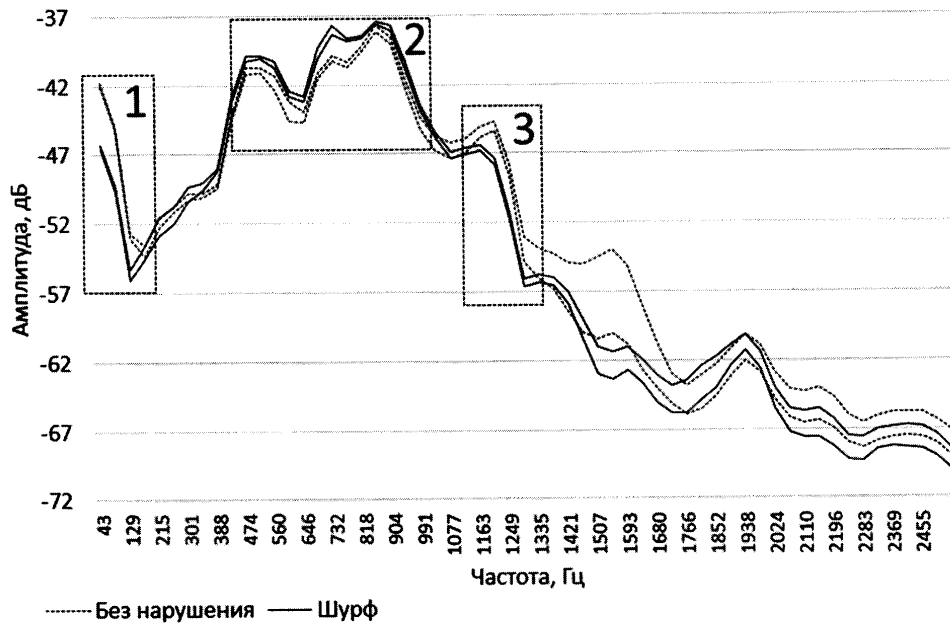
2

Схема алгоритма работы
микроконтроллера



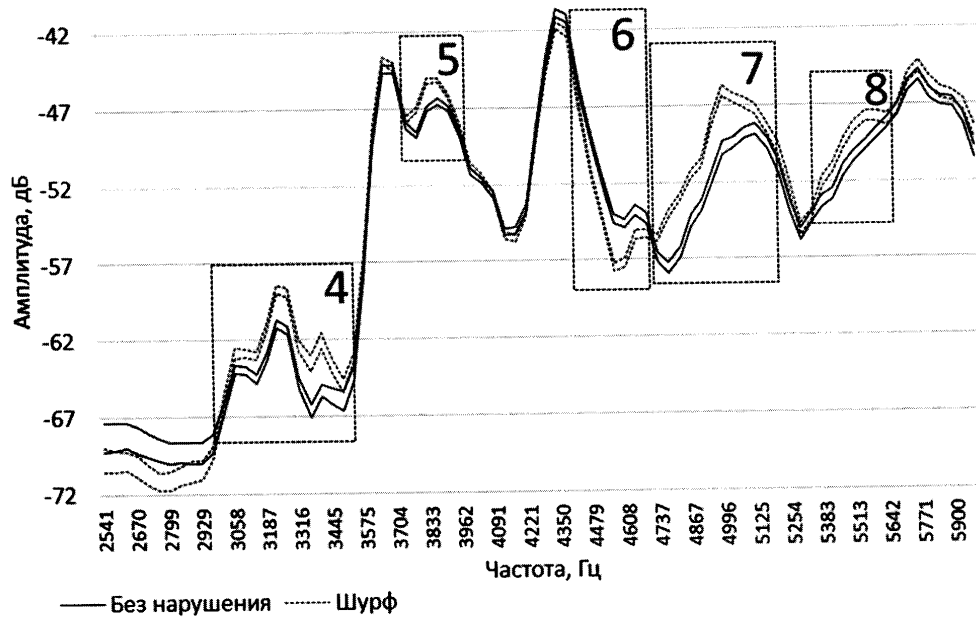
Фиг. 2

Информативные зоны доверительных границ амплитудного спектра для двух состояний трубопровода (диапазон 43 – 2498 Гц)



Фиг. 3

Информативные зоны доверительных границ амплитудного спектра для двух состояний трубопровода (диапазон 2541 – 6000 Гц)



Фиг. 4