



(51) МПК
E21B 47/08 (2012.01)
G01N 27/90 (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012137077/03, 31.08.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 31.08.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.08.2012

(45) Опубликовано: 20.02.2014 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2364719 C1, 20.08.2009. RU 2333461 C1, 10.09.2008. RU 2372478 C1, 10.11.2009. RU 2262123 C1, 10.10.2005. DE 102004026311 B4, 31.01.2008. US 4736298 A1, 05.04.1988.

Адрес для переписки:

420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул.
 Жуковского, 26, ООО "Юридическая фирма
 Городисский и Партнеры", А.Э. Ибрагимову

(72) Автор(ы):

Аслаян Артур Михайлович (RU),
 Давыдов Дмитрий Александрович (RU),
 Арбузов Андрей Александрович (RU),
 Пятницкий Дмитрий Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ТиДжиТи Ойл энд Гэс Сервисиз ФЗЕ (АЕ)

**(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ В МНОГОКОЛОННЫХ
 СКВАЖИНАХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СКВАЖИННЫЙ ДЕФЕКТΟΣКОП**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области контроля технического состояния обсадных колонн, насосно-компрессорных труб и других колонн нефтяных и газовых скважин. Техническим результатом является повышение точности и достоверности выявления наличия и местоположения поперечных и продольных дефектов конструкции скважины и подземного оборудования как в магнитных, так и в немагнитных первом, втором и последующих металлических барьерах. Способ электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах включает измерение ЭДС самоиндукции, наведенной в катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в исследуемых металлических барьерах процессом спада электромагнитного поля, вызванного импульсами тока намагничивания катушки. На каждую из приемно-генераторных катушек в отдельности подают серию импульсов фиксированной длительности

из диапазона 0,1-1000 мс, намагничивая последовательно все металлические барьеры, начиная с ближайшего, причем длительность импульсов возрастает для каждого последующего металлического барьера. Полученные данные сохраняют и обрабатывают путем сравнения с модельными данными, по результатам обработки судят о наличии дефекта в металлических барьерах. Электромагнитный скважинный дефектоскоп содержит корпус, катушки, расположенные вдоль оси устройства, магнитная ось которых совпадает с осью устройства, блок электроники, по меньшей мере, две приемно-генераторных катушки, каждая из которых состоит из генераторной и приемной катушек с единым сердечником. Причем приемно-генераторные катушки выполнены разного размера, разнесены друг от друга на оси устройства на расстояние не меньше длины большей приемно-генераторной катушки. 2 н. и 36 з.п. ф-лы, 7 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 47/08 (2012.01)
G01N 27/90 (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012137077/03, 31.08.2012**

(24) Effective date for property rights:
31.08.2012

Priority:

(22) Date of filing: **31.08.2012**

(45) Date of publication: **20.02.2014 Bull. 5**

Mail address:

**420015, Respublika Tatarstan, g. Kazan', ul.
Zhukovskogo, 26, OOO "Juridicheskaja firma
Gorodisskij i Partnery", A.Eh. Ibragimovu**

(72) Inventor(s):

**Aslanyan Artur Mikhajlovich (RU),
Davydov Dmitrij Aleksandrovich (RU),
Arbuzov Andrej Aleksandrovich (RU),
Pyatnitskij Dmitrij Yurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

TGT Oil and Gas Services FZE (AE)

(54) **METHOD OF ELECTROMAGNETIC FLAW DETECTION IN MULTISTRING WELLS AND ELECTROMAGNETIC WELL FLAW DETECTOR**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: method of electromagnetic flaw detection in multistring wells includes measurement of auto-inductance EMF induced in a coil by eddy currents induced in investigated metal barriers by process of electromagnetic field decline induced by current pulses of coil excitation. To each of receiving-exciter coil a pulse group of fixed length from the range of 0.1-1000 ms is supplied individually, magnetising in sequence all metal barriers starting from the nearest. Length of pulses increases for each subsequent metal barrier. Obtained data are stored and processed by comparison to model data. By the processing results presence of defects

in metal barriers is judged. Electromagnetic well flaw detector contains a housing, coils arranged along the axis of the device, electronics module, at least two receiving-exciter coils, each of them consists of receiving and exciter coils with common core. Receiving-exciter coils are made of different size spaced apart on the device axis at a distance not less than the length of larger receiving-exciter coil.

EFFECT: improving accuracy and validity of detection of existence and location of transverse and longitudinal structural defects of well and underground equipment both in magnetic and non-magnetic first, second and subsequent metal barriers.

38 cl, 7 dwg

RU 2 507 393 C1

RU 2 507 393 C1

Изобретение относится к области контроля технического состояния обсадных колонн, насосно-компрессорных труб и других колонн нефтяных и газовых скважин.

Известен способ электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах (патент РФ №2364719, МПК E21B 47/08, G01N 27/90, опубл. 20.08.2009), ближайший по 5 технической сущности к заявляемому способу и принятый за прототип, заключающийся в измерении ЭДС, наведенной в приемной катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в стальных трубах процессом спада электромагнитного поля, вызванного зондирующими импульсами тока намагничивания в генераторной 10 катушке различной длительности.

Недостатком способа является использование однозондового дефектоскопа, что не позволяет надежно отделить отклики от первого и второго металлического барьеров разных диаметров, т.к. при использовании длинного зонда с длиной, равной диаметру 15 второго металлического барьера, даже при подаче коротких импульсов регистрируемый отклик будет неизбежно зависеть от параметров второго барьера, а при использовании короткого зонда с длиной, равной диаметру первого металлического барьера, даже при подаче длинных импульсов регистрируемый отклик будет преимущественно зависеть от параметров первого металлического барьера, а 20 влияние второго металлического барьера будет мало.

Также этот способ не позволяет анализировать немагнитные трубы из нержавеющей стали из-за узкого диапазона подачи коротких импульсов от 10 до 40 мс, а также не позволяет анализировать более двух барьеров из-за ограниченного 25 диапазона подачи длинных импульсов от 40 до 200 мс.

Заявляемый способ позволяет проводить анализ двух и более металлических барьеров, включая немагнитные трубы из нержавеющей стали, благодаря коротким импульсам 0,1-10 мс, и позволяет проводить анализ третьего, четвертого и последующих барьеров, благодаря большому диапазону подаваемых импульсов 0,1- 30 1000 мс.

Известно устройство скважинной электромагнитной дефектоскопии, в котором для более надежного разделения сигналов от внутренней и внешней колонн содержится два продольных зонда разной длины (Теплухин В.К. и др. Совершенствование аппаратуры и технологии скважинной электромагнитной дефектоскопии. //НТВ 35 "Каротажник". - Тверь: АИС, 2006. - Вып.149, с.173-183), (Теплухин В.К., Миллер А.В., Сидоров В.А. Многозондовый цифровой электромагнитный дефектоскоп-толщиномер //Новая геофизическая техника для исследования бурящихся и действующих вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин: Тезисы докладов 40 международного симпозиума. - Уфа, 23-24 апреля, 1997 г., с.29-30).

Недостатком данного устройства является использование импульсов одинаковой длительности для обоих зондов, что не позволяет надежно определить параметры первого и второго металлических барьеров, так как если использовать короткие импульсы, то регистрируемый отклик длинного зонда будет преимущественно 45 зависеть от параметров первого металлического барьера, а влияние второго металлического барьера будет мало, а если использовать длинные импульсы, то регистрируемый отклик короткого зонда будет неизбежно зависеть от параметров второго барьера.

Известен электромагнитный скважинный дефектоскоп (патент РФ №2372478, МПК E21B 47/00, опубл. 10.11.2009), содержащий корпус, блок электроники, генераторную катушку индуктивности и не менее трех измерительных катушек индуктивности, расположенных по периметру зонда с магнитными осями, 50

направленными перпендикулярно его оси.

Недостатком данного устройства является использование одной генераторной катушки фиксированной длины, а также использование импульсов одной длительности, что приводит к возможности анализировать лишь первый
5 металлический барьер. Более того, разнесение генераторной и приемной катушек в пространстве приводит к дублированию аномалий от одного дефекта.

Известен электромагнитный скважинный дефектоскоп (патент №2215143, МПК E21B 49/00, G01N 27/90, опубл. 27.10.2003), содержащий корпус, генераторную катушку, дифференциально соединенные измерительные катушки, удаленные от генераторной вдоль оси прибора, блок электроники, дефектоскоп имеет более чем одну пару измерительных катушек, прижимаемых к стенке скважины, генераторная катушка выполнена в виде соленоида длиной более двух диаметров изучаемой скважины, при этом магнитная ось измерительных катушек ориентирована
15 перпендикулярно оси дефектоскопа.

Известен скважинный магнитно-импульсный дефектоскоп-толщиномер (патент РФ №2333461 МПК G01B 7/02, E21B47/12, опубл. <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll?ty=29&docid=2333461&cl=9&path=http://195.208.85.248/Archive/PAT/2008FULL/2008.09.10/DOC/RUNWC1/000/000/002/333/461/document.pdf> \o "Официальная публикация в формате PDF" \t "_blank"), ближайший по

технической сущности к заявляемому устройству и принятый за прототип, состоящий из генераторной системы с генератором, таймером и генераторными катушками индуктивности, измерительной системы с измерительными катушками индуктивности, а также дополнительными катушками индуктивности, расположенных на
25 значительном расстоянии от генераторной катушки.

Недостатком данного устройства является разнесение генераторной и приемной катушек в пространстве, что приводит к дублированию аномалий от одного дефекта.

Использование телеметрической линии связи приводит к необходимости использования каротажного кабеля. При передаче по каротажному кабелю информация может исказиться из-за помех и изменения температуры вдоль скважины. Также использование кабельных приборов приводит к значительному удорожанию проводимых измерений. Введение дополнительных катушек индуктивности
35 существенно увеличивает габариты аппаратуры по длине.

В известных устройствах генераторная и приемная катушки разнесены в пространстве, в результате в данных возникает две аномалии от одного дефекта, первая аномалия возникает при прохождении генераторной катушки мимо дефекта, вторая аномалия - при прохождении приемной катушки мимо того же дефекта.
40

Задачей предлагаемого технического решения является устранение указанных недостатков и обеспечение высокоточной и качественной дефектоскопии и толщинометрии колонн различных диаметров в скважинах за счет надежного отделения откликов каждого барьера.

Заявленное устройство позволяет избавиться от дублирования описанной выше аномалии отклика от одного и того же дефекта за счет совмещения генераторной и приемной катушек в одну приемно-генераторную катушку с единым сердечником.

Электромагнитный скважинный дефектоскоп (далее дефектоскоп) предназначен для проведения дефектоскопии и толщинометрии насосно-компрессорных труб (далее - первый металлический барьер), эксплуатационной колонны (далее - второй металлический барьер) и других колонн (третий металлический барьер и далее) скважины одновременно. Дефектоскоп позволяет определить наличие и
50

местоположение поперечных и продольных как внутренних, так и внешних дефектов, элементов конструкции скважины, качество перфорации, состояние подземного оборудования, а также вычислить величину отклонения толщины стенок исследуемых труб от заданного номинала с использованием интерпретации данных дефектоскопии.

5 Трубы могут быть изготовлены из различных легированных сталей и нержавеющей сплавов, в том числе и немагнитных.

Заявляемые способ и устройство позволяют вычислить величину отклонения толщины стенок исследуемых труб от заданного номинала.

10 Заявляемые способ и устройство также позволяют анализировать немагнитные металлические трубы, отличать внутреннюю коррозию от внешней, сквозную перфорацию от несквозной за счет регистрации отклика с ранних времен около 0,1 мс, что стало возможным благодаря использованию сердечника с характерным временем затухания переходных процессов менее 0,1 мс.

15 Техническим результатом изобретения является повышение точности и достоверности выявления наличия и местоположения поперечных и продольных дефектов конструкции скважины и подземного оборудования как в магнитных, так и в немагнитных первом, втором и последующих металлических барьерах.

20 Технический результат достигается тем, что в способе электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах, включающем измерение ЭДС, наведенной в катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в металлических барьерах процессом спада электромагнитного поля, вызванного импульсами тока намагничивания в катушке, новым является то, что на каждую из приемно-генераторных катушек в отдельности подают серию импульсов фиксированной

25 длительности из диапазона 0,1-1000 мс, намагничивая последовательно все металлические барьеры, начиная с ближайшего, причем длительность импульсов возрастает для каждого последующего металлического барьера, полученные данные

30 сохраняют и обрабатывают путем сравнения с модельными данными, по результатам обработки судят о наличии дефекта в металлических барьерах.

Весь цикл измерений повторяют на разных глубинах непрерывно при движении по всей длине зоны интереса.

35 Дефектом может быть сквозная и несквозная перфорации, внешняя, внутренняя и сквозная коррозии.

Первый импульс тока намагничивания имеет длительность 0,1-100 мс, второй импульс тока намагничивания имеет длительность 0,1-800 мс.

40 После окончания первого импульса, в течение 0,1-150 мс регистрируют первый отклик, представляющий собой спад ЭДС самоиндукции во времени.

После окончания второго импульса, в течение 0,1-1000 мс регистрируют второй отклик, представляющий собой спад ЭДС самоиндукции во времени.

45 При обработке полученных данных каждый зарегистрированный отклик сравнивают с набором модельных откликов и находят совпадающий модельный отклик, причем параметры модельного отклика являются искомыми параметрами металлического барьера (толщиной стенки, диаметром, магнитной проницаемостью, электропроводностью).

50 По уменьшению толщины стенки свыше 12% судят о наличии дефекта в металлическом барьере.

В каждом цикле измерений после измерения последнего отклика дополнительно измеряют температуру и давление окружающей среды.

Строят зависимости температуры и давления от глубины, по изменению градиента

кривых температуры и/или давления судят о сквозном дефекте.

О наличии дефекта судят на ранних временах, около 0,1-10 мс.

О наличии сквозного дефекта судят во всем интервале регистрации отклика, около 0,1-1000 мс.

5 Перед началом измерений задают время спуска до зоны интереса, время проведения измерений в зоне интереса в зависимости от протяженности зоны интереса и скорости перемещения вдоль зоны интереса, длину импульсов тока намагничивания, амплитуду тока для приемно-генераторных катушек.

10 Длительность первого импульса задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра первого импульса примерно равнялась номинальной толщине стенки первого металлического барьера.

15 Длительность второго импульса задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра второго импульса примерно равнялась суммарной номинальной толщине стенок исследуемых первого и второго металлических барьеров.

20 Длительность последующих импульсов задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра последующего импульса примерно равнялась суммарной номинальной толщине стенок исследуемых первого, второго и соответствующих последующих металлических барьеров.

 Модельные отклики генерируют с учетом предварительно измеренной величины остаточной намагниченности металлических барьеров, что позволяет повысить точность определения параметров металлических барьеров.

25 Производят измерения в вертикальных скважинах на спуске или подъеме, а в наклонных скважинах - на подъеме.

 Измерения проводят при движении с постоянной скоростью, около 1-30 м/мин.

30 Технический результат также достигается тем, что в электромагнитном скважинном дефектоскопе, содержащем корпус, катушки, расположенные вдоль оси устройства, магнитная ось которых совпадает с осью устройства, блок электроники, новым является то, что содержит, по меньшей мере, две приемно-генераторных катушки, каждая из которых состоит из генераторной и приемной катушек с единым сердечником, причем приемно-генераторные катушки выполнены разного размера, разнесены друг от друга на оси устройства на расстояние не меньше длины большей приемно-генераторной катушки.

 Дополнительно содержит датчики температуры, давления, магнитного поля.

40 Блок электроники выполнен с возможностью независимой подачи импульсов фиксированной длительности из диапазона 0,1-1000 мс на большую, малую и последующие приемно-генераторные катушки, регистрации откликов и их записи.

 Внутри блока электроники расположен блок памяти.

 Блок электроники дополнительно содержит усилитель сигнала.

45 Длина малой приемно-генераторной катушки примерно равна $4/3$ диаметра первого металлического барьера, длина большой приемно-генераторной катушки примерно равна $4/3$ диаметра второго металлического барьера, длина каждой последующей катушки примерно равна $4/3$ диаметра каждого последующего металлического барьера.

50 Первым металлическим барьером может быть насосно-компрессорная труба, а вторым металлическим барьером может быть эксплуатационная колонна.

 Последующими металлическими барьерами могут быть кондуктор, направление.

 Количество приемно-генераторных катушек равно количеству исследуемых

металлических барьеров.

Малая приемно-генераторная катушка расположена, например, над большой приемно-генераторной катушкой.

5 Максимальное расстояние между малой и большой приемно-генераторными катушками не превышает длину устройства.

Малая и большая приемно-генераторные катушки содержат генераторные обмотки, намотанные на приемные обмотки, которые, в свою очередь, намотаны на сердечники.

10 Между малой и большой приемно-генераторными катушками размещены блок электроники и датчик магнитного поля.

Датчики температуры и давления расположены, например, в нижней части корпуса под большой приемно-генераторной катушкой.

15 Малая и большая приемно-генераторная катушки, датчики магнитного поля, давления и температуры подключены к блоку электроники.

Устройство содержит батарейный отсек, расположенный, например, в верхней части корпуса и подключенный к блоку электроники.

20 На верхнем и нижнем концах устройства установлены верхний и нижний центраторы соответственно.

Сердечники приемно-генераторных катушек выполнены, например, из мягкого ферромагнитного материала с временем релаксации менее 0,1 мс.

Корпус выполнен, например, из титана.

Сущность изобретения поясняется фигурами.

25 На фиг. 1 приведена структурная схема электромагнитного скважинного дефектоскопа.

На фиг. 2 показано, как происходит разделение откликов от двух металлических барьеров при использовании двух приемно-возбуждающих катушек.

30 На фиг. 3 показана зависимость отклика от целого участка трубы (номинал) и участка, содержащего внешнюю коррозию.

На фиг. 4. показана зависимость отклика от целого участка трубы (номинал) и участка, содержащего внутреннюю коррозию.

35 На фиг. 5. показана зависимость отклика устройства от целого участка трубы (номинал) и участка, содержащего сквозную коррозию.

На фиг. 6. показана зависимость отклика от двух металлических барьеров и модельных спадов, рассчитанных для различных толщин НКТ.

40 На фиг. 7. показана зависимость отклика от двух металлических барьеров и модельных спадов, рассчитанных для различных толщин колонны.

Сущность способа заключается в следующем.

Измерения производят в вертикальных скважинах на спуске или подъеме, а в наклонных скважинах - на подъеме.

45 Перед началом измерений задают время спуска до зоны интереса, время движения устройства вдоль зоны интереса, которое выбирают в зависимости от протяженности зоны интереса, длину первого (короткого) импульса, второго (длинного) импульса и последующих импульсов, амплитуду токов для малой, большой и последующих приемно-генераторных катушек.

50 Длительность первого импульса выбирают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра первого импульса примерно равнялась толщине стенки исследуемого первого металлического барьера.

Длительность второго импульса выбирают так, чтобы толщина скин-слоя для

первой гармоники Фурье-спектра второго импульса примерно равнялась суммарной толщине стенок исследуемых первого и второго металлических барьеров.

Длительность последующего импульса задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра каждого последующего импульса примерно
5 равнялась суммарной номинальной толщине стенок исследуемых первого, второго и соответствующих последующих металлических барьеров.

В начале цикла измерений до намагничивания исследуемых металлических барьеров фиксируют величину напряженности магнитного поля, которая является остаточной
10 намагниченностью труб.

Подают первый импульс тока намагничивания малой амплитуды длительностью 0,1-100 мс на генераторную обмотку малой приемно-генераторной катушки. С помощью созданного малой приемно-генераторной катушкой
15 электромагнитного поля намагничивают первый металлический барьер.

После окончания первого импульса в течение 0,1-150 мс регистрируют первый отклик (ЭДС самоиндукции) и запоминают его.

Затем подают второй импульс тока намагничивания большой амплитуды длительностью 0,1-800 мс на генераторную обмотку большой приемно-генераторной
20 катушки. С помощью созданного большой приемно-генераторной катушкой электромагнитного поля намагничивают первый и второй металлические барьеры.

После окончания второго импульса, в течение 0,1-1000 мс регистрируют второй отклик (ЭДС самоиндукции) и запоминают его.

Таким же образом подают последующие импульсы и измеряют каждый
25 последующий отклик в зависимости от количества исследуемых барьеров, получая зависимости спада ЭДС от времени на определенной глубине.

После измерения последнего отклика измеряют температуру и давление окружающей среды на определенной глубине.

Цикл измерений повторяют непрерывно в процессе движения вдоль зоны интереса
30 (в общем случае зона интереса - это вся скважина) на разных глубинах. После завершения измерений накопленные данные обрабатывают.

По результатам обработки определяют параметры металлических барьеров: магнитную проницаемость, электропроводность, толщины стенок, диаметры, на
35 основании которых выявляют дефекты, сквозную и несквозную перфорацию, внешнюю и внутреннюю коррозии.

Для определения параметров металлических барьеров строят набор модельных откликов металлических барьеров (модельные данные), представляющих собой
40 модельные спады ЭДС во времени, для различных значений параметров металлических барьеров: магнитной проницаемости, электропроводности, толщины, диаметра (см. например, Дмитриев, В. И. 1972 г. Осесимметричное электромагнитное поле в цилиндрической слоистой среде. Физика Земли, №11). Каждый параметр барьера меняется в определенном диапазоне.

Толщина стенки барьера варьируется в диапазоне от 0.1 мм до удвоенной номинальной толщины стенки барьера с шагом 0.1 мм. Диаметр барьера варьируется
45 от 43 мм до 508 мм, с шагом 0.1 мм (номинальная толщина стенки барьера и диаметр барьера известны из технической документации по скважине).

Магнитная проницаемость барьера варьируется от 1 до 5000 с шагом 0.1. Электропроводность барьера моделируется от 10^5 См/м до 10^8 См/м с шагом 10^5
50 См/м. (Кухлинг Х. Справочник по физике. Пер. с нем., М.: Мир, 1982).

При моделировании учитывается измеренная остаточная намагниченность барьера,

что повышает точность определения параметров металлических барьеров.

Путем наложения каждого зарегистрированного отклика на модельные отклики, для каждого реального отклика находят совпадающий с ним модельный отклик.

5 Параметры данного модельного отклика являются искомыми параметрами металлического барьера (толщина стенки, диаметр, электропроводность, относительная магнитная проницаемость).

10 Для определения наличия и места локализации дефекта в металлических барьерах производят сравнение полученной толщины стенки с номинальной толщиной стенки, заданной в технической документации по скважине.

При отклонении толщины стенки от номинальной толщины более чем на 12% судят о наличии дефекта в скважине.

Место локализации дефекта определяют, зная скорость движения устройства, длину зоны интереса, время измерений.

15 Далее определяют является ли дефект сквозным.

Для этого проводят анализ полученных зависимостей температуры и давления от глубины.

20 При отсутствии сквозного дефекта и отсутствии смены типа флюида температура и давление с глубиной растут с постоянным градиентом.

При изменении градиента температуры и/или давления на глубине, соответствующей дефекту, судят о наличии сквозного дефекта.

Анализ исходных данных дефектоскопа позволяет отличать внутренние дефекты (коррозию) первого и второго металлических барьеров от внешних.

25 Также отличают сквозную перфорацию первого или второго металлических барьеров от несквозной. Отличия отклика несквозной перфорации или внутренней коррозии от номинального отклика наблюдаются преимущественно на ранних временах (см. фиг. 4), около 0,1-10 мс, в то время как отличия отклика сквозной перфорации от номинального отклика наблюдаются и на ранних, и на более поздних
30 временах (см. фиг. 5).

Отличия отклика внешней коррозии от номинального начинают наблюдаться на более поздних временах, около 10-1000 мс (см. фиг. 3).

35 Отклик от коррозии имеет повышенный сигнал на ранних временах и пониженный сигнал на более поздних временах. Меньшее количество металла позволяет сигналу быстрее изменяться, т.е. на ранних временах 0,1-10 мс сигнал от коррозии быстро возрастает, а затем на временах 0,1-1000 мс быстро спадает.

40 На фиг. 6 и 7 видно, как толщина трубы влияет на модельный отклик (спад ЭДС от времени) при варьировании толщин внутреннего барьера (НКТ, фиг. 6) и внешнего барьера (колонна, фиг. 7). Изменение толщины внутреннего барьера сказывается на всем сигнале, тогда как изменение толщины внешнего барьера сказывается только на поздних временах.

45 Регистрация отклика в области 0,1-10 мс позволяет анализировать трубы, выполненные из различных легированных сталей и нержавеющей сплавов, в том числе и немагнитных (отклик от немагнитной трубы длится около 10 мс и не фиксируется известными электромагнитными дефектоскопами, а отклик от магнитной трубы длится около 50-250 мс).

50 Устройство для реализации способа состоит из следующих элементов.

1 - верхний центратор, 2 - батарейный отсек, 3 - малая приемно-генераторная катушка, 4 - блок электроники, 5 - блок памяти, 6 - датчик магнитного поля, 7 - большая приемно-генераторная катушка, 8 - датчик давления, 9 - датчик

температуры, 10 - корпус, 11 - нижний центратор, 12 - генераторная обмотка малой приемно-генераторной катушки, 13 - приемная обмотка малой приемно-генераторной катушки, 14 - сердечник малой приемно-генераторной катушки, 15 - сердечник большой приемно-генераторной катушки, 16 - приемная обмотка большой приемно-генераторной катушки, 17 - генераторная обмотка большой приемно-генераторной катушки.

В корпусе 10 в верхней части расположен батарейный отсек 2, ниже расположен отсек, в котором последовательно и продольно размещены на оси дефектоскопа малая приемно-генераторная катушка 3 и большая приемно-генераторная катушка 7, между которыми размещен блок электроники 4 и датчик магнитного поля 6. Внутри блока электроники 4 расположен блок памяти 5.

В блоке электроники 4 также предусмотрен усилитель сигнала.

В нижней части устройства размещены датчик давления 8 и датчик температуры 9. Батарейный отсек 2, малая приемно-генераторная катушка 3, большая приемно-генераторная катушка 7, датчик магнитного поля 6, датчик давления 8, датчик температуры 9 подключены к блоку электроники 4.

Малая приемно-генераторная катушка 3 содержит приемную обмотку 13, намотанную на сердечник 14, и генераторную обмотку 12, намотанную на приемную обмотку 13. Большая приемно-генераторная катушка 7 содержит приемную обмотку 16, намотанную на сердечник 15, и генераторную обмотку 17, намотанную на приемную обмотку 16.

Длина малой приемно-генераторной катушки 3 примерно равна $4/3$ диаметра исследуемой насосно-компрессорной трубы (т.е. первого металлического барьера).

Длина большой приемно-генераторной катушки 7 примерно равна $4/3$ диаметра исследуемой колонны (т.е. второго металлического барьера).

Количество приемно-генераторных катушек равно количеству исследуемых металлических барьеров, а длина каждой из приемно-генераторных катушек соответствует $4/3$ диаметра соответствующего исследуемого металлического барьера.

К верхнему и нижнему концам корпуса прикреплены верхний центратор 1 и нижний центратор 11 соответственно.

Дефектоскоп автономный, питание поступает от батареек, установленных в батарейном отсеке 2.

Использование для сердечников катушек особого материала, например мягкого ферромагнитного материала, с характерным временем затухания переходного процесса менее 0,1 мс позволяет расширить временной диапазон наблюдения отклика в область ранних времен.

Выполнение корпуса 10 на основе материалов, устойчивых к агрессивным средам, например, из титана, позволяет работать при высоком содержании сероводорода (до 30%) и углекислого газа.

Использование дополнительно введенных центраторов 1, 11 позволяет отцентрировать устройство в исследуемых металлических барьерах, что приводит к более качественным данным, так как исключаются поперечные колебания дефектоскопа в процессе движения в исследуемых трубах.

Устройство работает следующим образом.

Перед спуском в скважину дефектоскоп программируют: задают время задержки до начала работы (время спуска до зоны интереса, например, время спуска до максимальной глубины), время работы дефектоскопа (время движения вдоль зоны интереса), длину импульсов и амплитуду тока для малой и большой приемно-

генераторных катушек. Измерения с помощью дефектоскопа можно производить в вертикальных скважинах на спуске или подъеме, а в наклонных скважинах предпочтительнее на подъеме, т.к. скорость подъема дефектоскопа в наклонных скважинах более равномерная, чем на спуске, так как при спуске дефектоскопа в наклонных скважинах дефектоскоп может цепляться за муфтовые соединения и другие конструктивные особенности первого металлического барьера.

Дефектоскоп опускают в скважину, состоящую из одного или более металлических барьеров: насосно-компрессорной трубы (НКТ), обсадной колонны, кондуктора и т.д., на глубину, соответствующую началу зоны интереса (в общем случае зона интереса - это вся скважина, т.е. дефектоскоп опускают на максимальную глубину). Далее дефектоскоп перемещают вдоль скважины, при этом центраторы 1 и 11, соединенные с корпусом 10, центрируют дефектоскоп. Дефектоскоп работает циклически, повторяя последовательность действий в течение заданного на поверхности времени работы, которое определяется временем движения дефектоскопа вдоль зоны интереса и длиной зоны интереса.

Цикл работы дефектоскопа. В начале цикла датчик магнитного поля 6 фиксирует величину напряженности магнитного поля до намагничивания катушками 3 и 7, которая является величиной остаточной намагниченности труб. Сигнал с датчика магнитного поля 6 регистрируется блоком электроники 4, который получает питание от батарейного отсека 2, и записывается в блок памяти 5. После этого на генераторную обмотку малой приемно-генераторной катушки 12 из блока электроники 4 подается первый импульс тока намагничивания малой амплитуды длительностью 0,1-100 мс. Созданное малой приемно-генераторной катушкой 3, содержащей сердечник 14, длина которой примерно равна $4/3$ диаметра исследуемого первого металлического барьера, электромагнитное поле намагничивает преимущественно первый металлический барьер. Сразу после окончания первого импульса на приемной обмотке малой приемно-генераторной катушки 13, согласно закону Фарадея, возникает ЭДС самоиндукции (первый отклик), которая в течение 0,1-150 мс регистрируется блоком электроники 4 и записывается им в блок памяти 5. Данный отклик характеризует параметры первого металлического барьера.

После окончания регистрации первого отклика малой приемно-генераторной катушкой 3 на генераторную обмотку большой приемно-генераторной катушки 17 из блока электроники 4 подается второй импульс тока намагничивания большой амплитуды длительностью 0,1-800 мс. Созданное большой приемно-генераторной катушкой 7, длина которой примерно равна $4/3$ диаметра исследуемого второго металлического барьера, электромагнитное поле намагничивает первый и второй металлические барьеры. Сразу после окончания второго импульса на приемной обмотке большой катушки 16 согласно закону Фарадея возникает ЭДС самоиндукции (второй отклик), которая в течение 0,1-1000 мс регистрируется блоком электроники 4 и записывается им в блок памяти 5.

После окончания регистрации второго отклика большой приемно-генераторной катушки 7 датчики температуры и давления 8, 9 измеряют температуру и давление окружающей среды. Сигналы с датчиков давления и температуры 8, 9 регистрируются блоком электроники 4 и записываются им в блок памяти 5. На этом один цикл работы дефектоскопа заканчивается.

Далее весь цикл измерений повторяется в течение заданного на поверхности времени работы.

В течение всех циклов измерений дефектоскоп непрерывно движется в скважине

вдоль зоны интереса со скоростью, например, 1-30 м/мин.

После прохождения всей зоны интереса дефектоскоп извлекают на поверхность, подключают к компьютеру, переносят на него накопленные данные из блока памяти 5, и обрабатывают их согласно заявляемому способу.

5 Одновременное применение в дефектоскопе как минимум двух катушек различной длины, а также импульсов различной длительности позволяет более качественно производить одновременные измерения толщин и оценку дефектов колонн разного диаметра. Подача на малую приемно-генераторную катушку 3 импульсов короткой
10 длительности (длительность импульсов выбирается так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники равнялась толщине стенки исследуемой насосно-компрессорной трубы) и малой амплитуды позволяет малой приемно-генераторной катушке 3 сканировать только первый металлический барьер.

15 Анализируя первый отклик малой приемно-генераторной катушки 3, можно рассчитать толщину первого барьера и определить внешние и внутренние дефекты первого барьера.

На большую приемно-генераторную катушку 7 подаются импульсы большей длительности и амплитуды, позволяя ей регистрировать суммарный отклик от первого
20 и второго металлических барьеров. Дальнейшая обработка данных большой приемно-генераторной катушки 7 позволяет вычестить влияние первого металлического барьера, параметры которого найдены из обработки данных малой приемно-генераторной катушки 3, и определить толщину и дефекты второго металлического барьера.

25 Таким образом, анализируя данные как минимум двух катушек различной длины можно независимо определить толщины и дефекты первого, второго, а также последующих металлических барьеров.

Формула изобретения

30 1. Способ электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах, включающий измерение ЭДС, наведенной в катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в исследуемых металлических барьерах процессом спада электромагнитного поля, вызванного импульсами тока намагничивания катушки,
отличающийся тем, что на каждую из приемно-генераторных катушек в отдельности
35 подают серию импульсов фиксированной длительности из диапазона 0,1-1000 мс, намагничивая последовательно все металлические барьеры, начиная с ближайшего, причем длительность импульсов возрастает для каждого последующего
металлического барьера, полученные данные сохраняют и обрабатывают путем
40 сравнения с модельными данными, по результатам обработки судят о наличии дефекта в металлических барьерах.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что весь цикл измерений повторяют на разных глубинах непрерывно при движении по всей длине зоны интереса.

45 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что дефектом может быть сквозная и несквозная перфорации, внешняя, внутренняя и сквозная коррозии.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что первый импульс тока намагничивания имеет длительность 0,1-100 мс, второй импульс тока намагничивания имеет
длительность 0,1-800 мс.

50 5. Способ по п.1, отличающийся тем, что после окончания первого импульса, в течение 0,1-150 мс регистрируют первый отклик, представляющий собой спад ЭДС самоиндукции во времени.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что после окончания второго импульса, в

течение 0,1-1000 мс регистрируют второй отклик, представляющий собой спад ЭДС самоиндукции во времени.

5 7. Способ по п.1, отличающийся тем, что при обработке полученных данных каждый зарегистрированный отклик сравнивают с набором модельных откликов и находят совпадающий модельный отклик, причем параметры модельного отклика являются искомыми параметрами металлического барьера (толщиной стенки, диаметром, магнитной проницаемостью, электропроводностью).

10 8. Способ по п.7, отличающийся тем, что по уменьшению толщины стенки свыше 12% судят о наличии дефекта в металлическом барьере.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что в каждом цикле измерений после измерения последнего отклика дополнительно измеряют температуру и давление окружающей среды.

15 10. Способ по п.9, отличающийся тем, что строят зависимости температуры и давления от глубины, по изменению градиента кривых температуры и/или давления судят о сквозном дефекте.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что о наличии дефекта судят на ранних временах, около 0,1-10 мс.

20 12. Способ по п.1, отличающийся тем, что о наличии сквозного дефекта судят во всем интервале регистрации отклика, около 0,1-1000 мс.

25 13. Способ по п.1, отличающийся тем, что перед началом измерений задают время спуска до зоны интереса, время проведения измерений в зоне интереса в зависимости от протяженности зоны интереса и скорости перемещения вдоль зоны интереса, длину импульсов тока намагничивания, амплитуду тока для приемно-генераторных катушек.

30 14. Способ по п.13, отличающийся тем, что длительность первого импульса задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра первого импульса примерно равнялась номинальной толщине стенки первого металлического барьера.

35 15. Способ по п.13, отличающийся тем, что длительность второго импульса задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра второго импульса примерно равнялась суммарной номинальной толщине стенок исследуемых первого и второго металлических барьеров.

40 16. Способ по п.13, отличающийся тем, что длительность последующих импульсов задают так, чтобы толщина скин-слоя для первой гармоники Фурье-спектра последующего импульса примерно равнялась суммарной номинальной толщине стенок исследуемых первого, второго и соответствующих последующих металлических барьеров.

45 17. Способ по п.7, отличающийся тем, что модельные отклики генерируют с учетом предварительно измеренной величины остаточной намагниченности металлических барьеров, что позволяет повысить точность определения параметров металлических барьеров.

50 18. Способ по п.1, отличающийся тем, что производят измерения в вертикальных скважинах на спуске или подъеме, а в наклонных скважинах - на подъеме.

19. Способ по п.1, отличающийся тем, что измерения проводят при движении с постоянной скоростью, около 1-30 м/мин.

50 20. Электромагнитный скважинный дефектоскоп, содержащий корпус, катушки, расположенные вдоль оси устройства, магнитная ось которых совпадает с осью устройства, блок электроники, отличающийся тем, что содержит, по меньшей мере, две приемно-генераторных катушки, каждая из которых состоит из генераторной и

приемной катушек с единым сердечником, причем приемно-генераторные катушки выполнены разного размера, разнесены друг от друга на оси устройства на расстояние не меньше длины большей приемно-генераторной катушки.

5 21. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что дополнительно содержит датчики температуры, давления, магнитного поля.

22. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что блок электроники выполнен с возможностью независимой подачи импульсов фиксированной длительности из диапазона 0,1-1000 мс на большую и малую приемно-генераторные катушки,
10 регистрации откликов и их записи.

23. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что внутри блока электроники расположен блок памяти.

24. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что блок электроники дополнительно содержит усилитель сигнала.

15 25. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что длина малой приемно-генераторной катушки примерно равна $4/3$ диаметра первого металлического барьера, длина большой приемно-генераторной катушки примерно равна $4/3$ диаметра второго металлического барьера.

20 26. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что длина каждой последующей катушки примерно равна $4/3$ диаметра каждого последующего металлического барьера.

27. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что первым металлическим барьером может быть насосно-компрессорная труба, а вторым металлическим барьером может
25 быть эксплуатационная колонна.

28. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что количество приемно-генераторных катушек равно количеству исследуемых металлических барьеров.

29. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что малая приемно-генераторная
30 катушка расположена над большой приемно-генераторной катушкой.

30. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что максимальное расстояние между малой и большой приемно-генераторными катушками не превышает длину устройства.

31. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что малая и большая приемно-генераторные катушки содержат генераторные обмотки, намотанные на приемные
35 обмотки, которые, в свою очередь, намотаны на сердечники.

32. Дефектоскоп по п.21, отличающийся тем, что между малой и большой приемно-генераторными катушками размещены блок электроники и датчик магнитного поля.

40 33. Дефектоскоп по п.21, отличающийся тем, что датчики температуры и давления расположены в нижней части корпуса под большой приемно-генераторной катушкой.

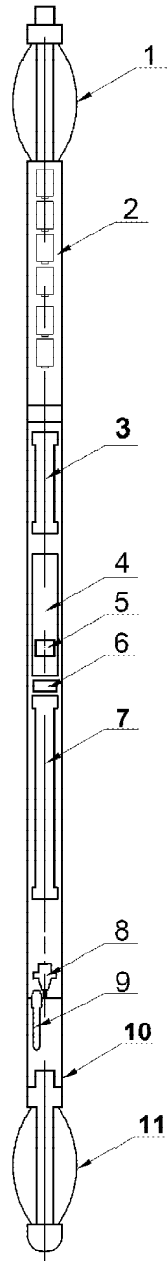
34. Дефектоскоп по п.21, отличающийся тем, что малая и большая приемно-генераторная катушки, датчики магнитного поля, давления и температуры
подключены к блоку электроники.

45 35. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что содержит батарейный отсек, расположенный в верхней части корпуса и подключенный к блоку электроники.

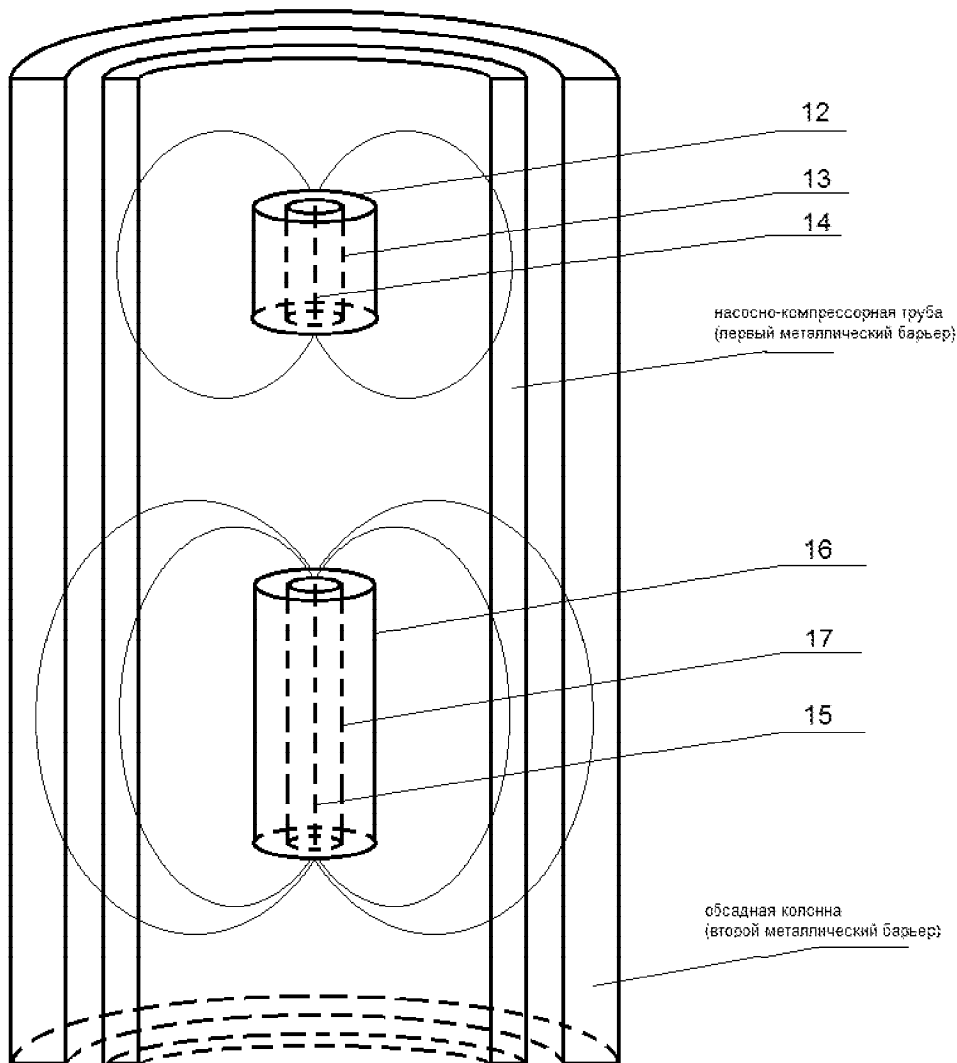
36. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что на верхнем и нижнем концах устройства установлены верхний и нижний центраторы, соответственно.

50 37. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что сердечники приемно-генераторных катушек выполнены из мягкого ферромагнитного материала.

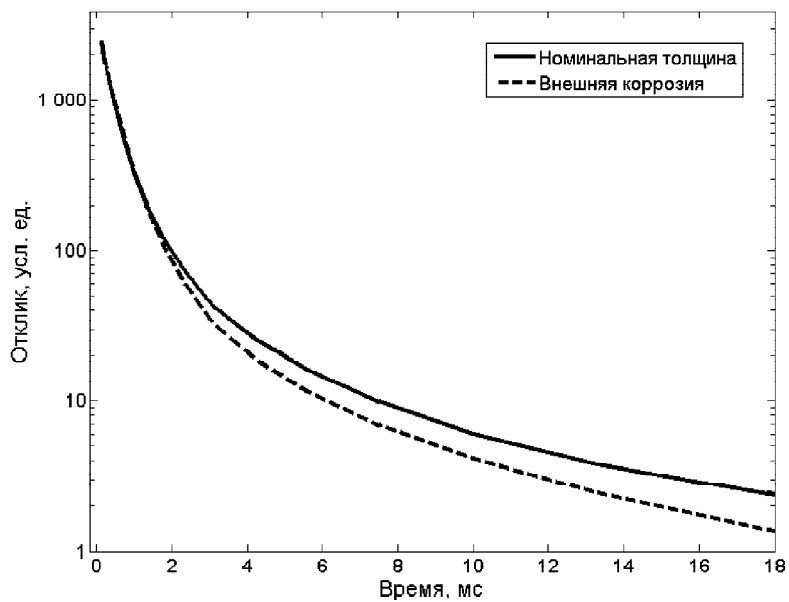
38. Дефектоскоп по п.20, отличающийся тем, что корпус выполнен из титана.



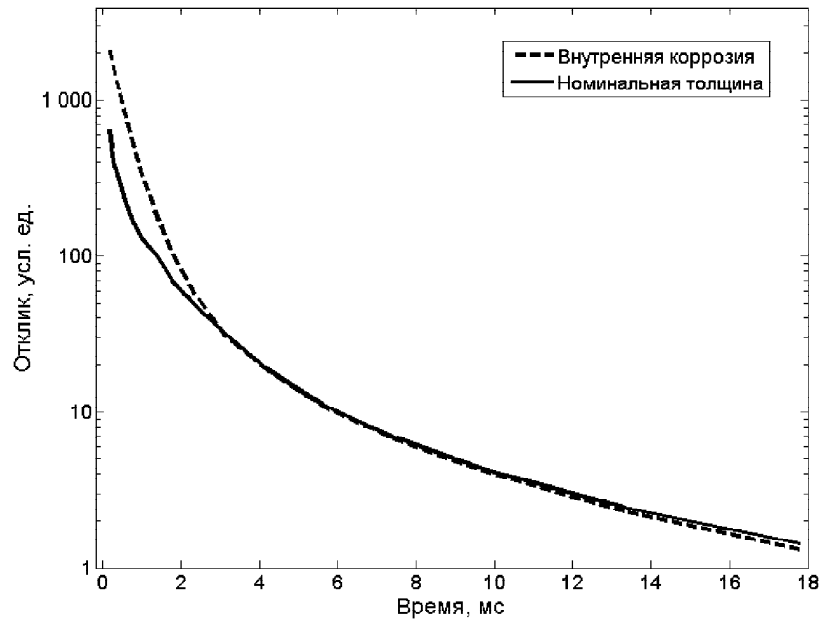
Фиг. 1



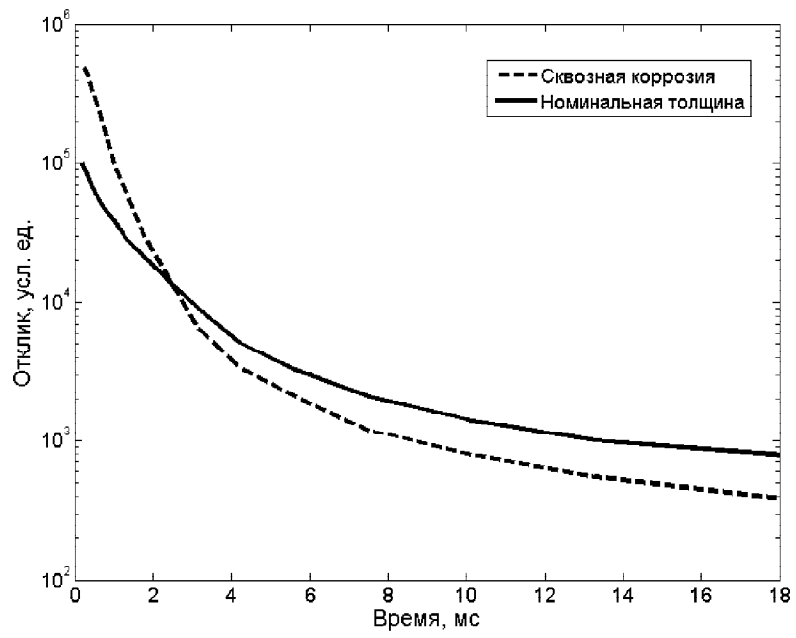
Фиг. 2



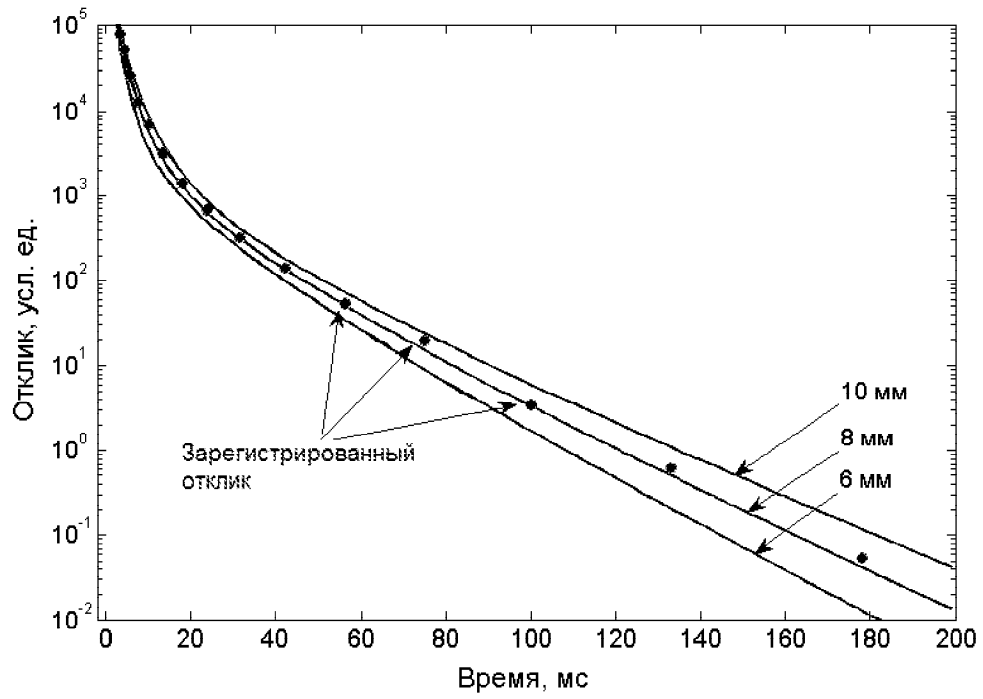
Фиг. 3



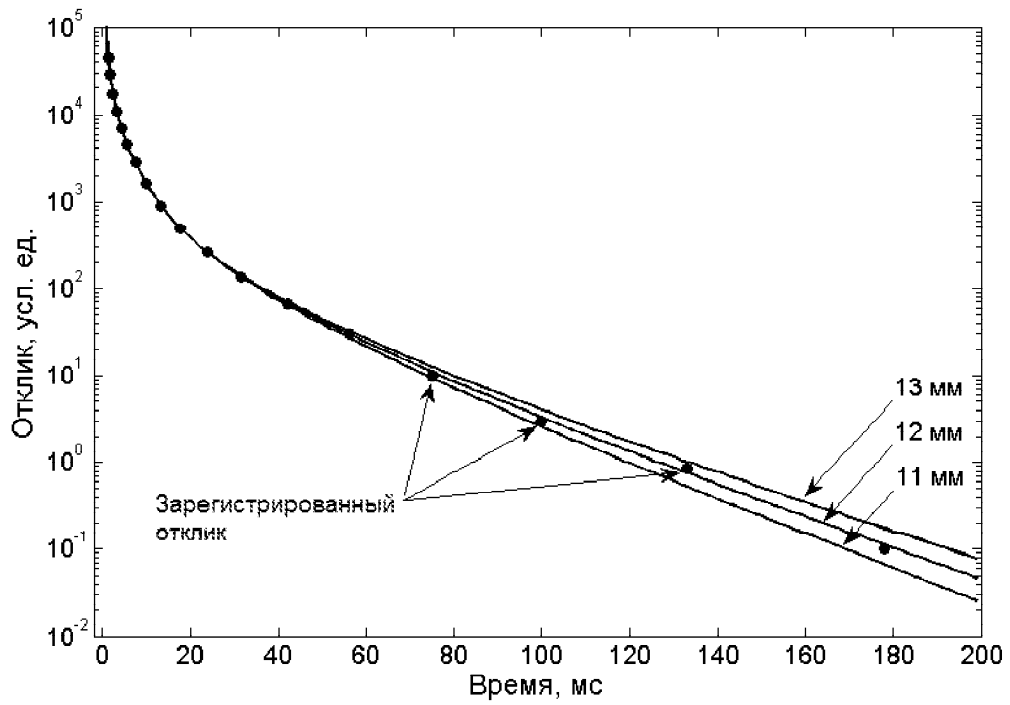
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7