



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016128899, 14.07.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.07.2016Дата регистрации:
20.11.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.07.2016

(45) Опубликовано: 20.11.2017 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

452607, Рес. Башкортостан, г. Октябрьский, ул.
Гоголя, 11а, кв. 27, Потапову А.П.

(72) Автор(ы):

Потапов Александр Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Потапов Александр Петрович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2507393 C1, 20.02.2014. RU
2364719 C1, 20.08.2009. RU 2372478 C1,
10.11.2009. US 4736298 A1, 05.04.1988.
ПОТАПОВ А.П. и др. Магнитоимпульсная
дефектоскопия-толщинометрия
нефтегазовых скважин. Вести газовой науки,
N4, 2014, с.188-195.

(54) Способ электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии в многоколонных скважинах

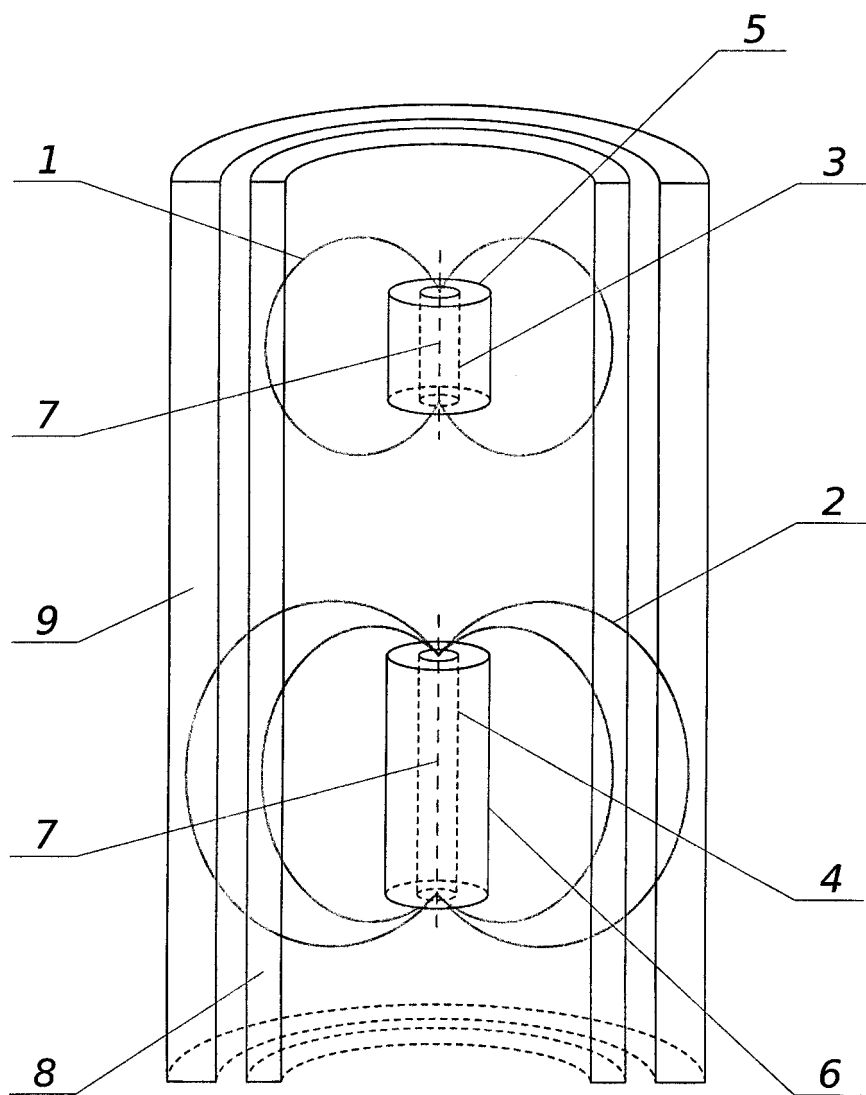
(57) Реферат:

Изобретение относится к геофизике и может
быть использовано при дефектоскопии
магнитных металлических труб, расположенных
в скважинах, с одновременным вычислением
толщины стенок каждой из труб в
многоколонных скважинах. Способ
электромагнитной дефектоскопии-
толщинометрии в многоколонных скважинах
включает возбуждение нестационарного
электромагнитного поля импульсами тока в
генераторных катушках разной длины и
измерение ЭДС, наведенной в приемных
катушках вихревыми токами, протекающими в
исследуемых металлических магнитных трубах.
При этом возбуждают импульсом тока
длительностью Т одновременно все генераторные

катушки. Затем их последовательно с интервалом
 T_i отключают от генератора, начиная с короткой
генераторной катушки, и последовательно
каждой измерительной катушкой,
соответствующей отключенной генераторной
катушке, измеряют ЭДС (Е) как функцию времени
 $E(t_j)$. Причем сигнал с самой последней, длинной
измерительной катушки регистрируют как
постоянную спада по приведенному
математическому выражению. Техническим
результатом является повышение точности
измерений за счет исключения влияния
электромагнитных и геометрических
характеристик ближней магнитной металлической
трубы на результаты измерений на поздних
временах в последующих трубах. 3 ил.

RU 2 636 064 C1

RU 2 636 064 C1



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 636 064**⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
E21B 47/00 (2012.01)
G01N 27/82 (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016128899, 14.07.2016**

(24) Effective date for property rights:
14.07.2016

Registration date:
20.11.2017

Priority:

(22) Date of filing: **14.07.2016**

(45) Date of publication: **20.11.2017** Bull. № 32

Mail address:

**452607, Res. Bashkortostan, g. Oktyabrskij, ul.
Gogolya, 11a, kv. 27, Potapovu A.P.**

(72) Inventor(s):

Potapov Aleksandr Petrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Potapov Aleksandr Petrovich (RU)

(54) **METHOD OF ELECTROMAGNETIC DEFECTOSCOPY-THICKNESS MEASUREMENT IN MULTI-COLUMN WELLS**

(57) Abstract:

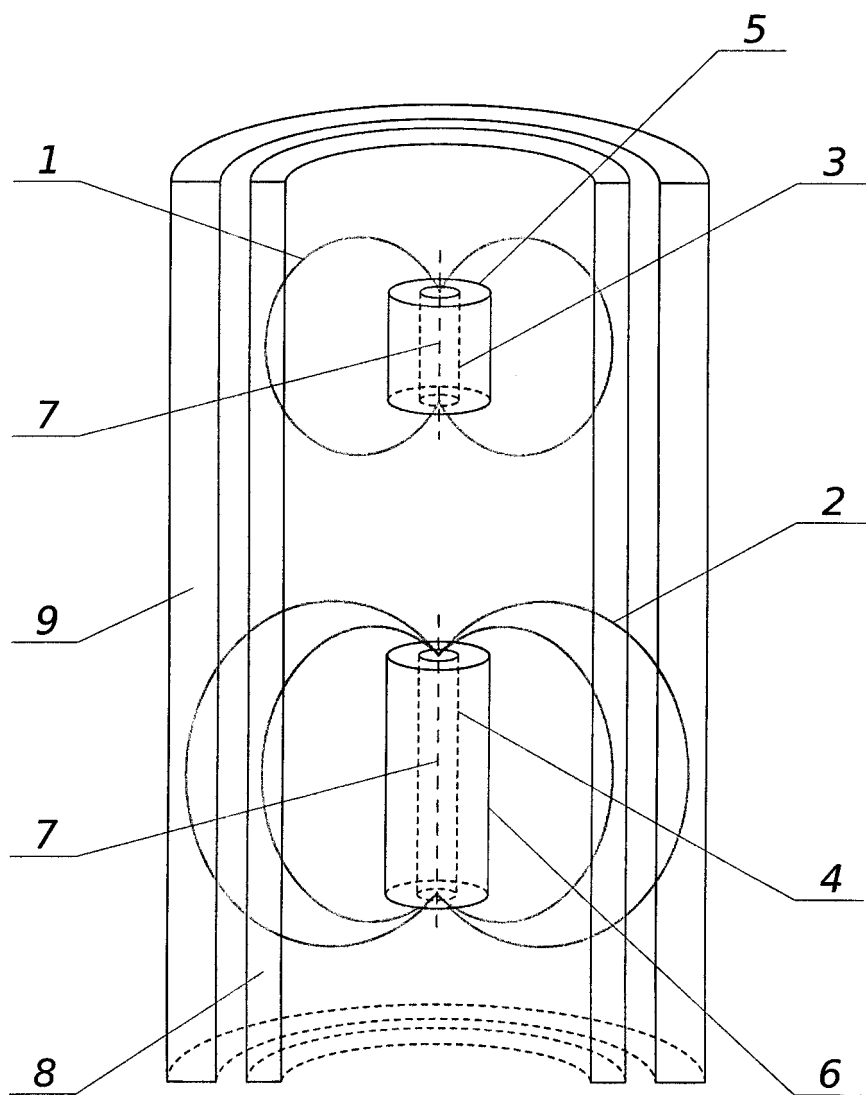
FIELD: physics.

SUBSTANCE: method includes excitation of a non-stationary electromagnetic field by current pulses in generator coils of different lengths and measurement of the EMF induced in the receiving coils by eddy currents flowing in the metal magnetic tubes under investigation. Herewith all the generator coils are excited by a current pulse of duration T simultaneously. Then they are successively disconnected with interval T_i from the generator, starting with a short generator coil, and sequentially with each measuring coil

corresponding to the disconnected generator coil, the EMF (E) is measured as a time function of $E(t_j)$. And the signal from the latest, long measuring coil is recorded as a decay constant according to the given mathematical expression.

EFFECT: increasing the accuracy of measurements by eliminating the influence of the electromagnetic and geometric characteristics of the near magnetic metal tube on the results of measurements at later times in subsequent pipes.

3 dwg



Фиг. 3

Изобретение относится к геофизике и может быть использовано при дефектоскопии магнитных металлических труб, расположенных в скважинах, в частности, стальных буровых, обсадных и насосно-компрессорных труб (НКТ), с одновременным вычислением толщины стенок каждой из труб в многоколонных скважинах.

5 Известны способ электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии многоколонных скважин и устройство для его осуществления (Пат. РФ №2468197, приор. 01.04.2011 г., опубл. 27.11.2012 г.).

Известный способ реализуется с помощью устройства, содержащего осевые и поперечные зонды, которые предварительно разделяют на две группы.

10 Производят возбуждение электромагнитного поля в стальных обсадных колоннах импульсами тока в генераторных катушках (ГК) зондов. Измеряют и проводят первичную обработку сигналов вторичного нестационарного электромагнитного поля (ВНЭП) в измерительных катушках (ИК) зондов после выключения импульсов тока в ГК.

15 Для второй группы зондов длительность импульсов тока, возбуждаемых в ГК, и время измерения сигнала ВНЭП в ГК соответственно выбирают не менее чем в три раза короче, чем длительность импульсов тока в ГК и время измерения сигнала ВНЭП в ИК зондов первой группы.

Кроме того, измерения сигналов ВНЭП в ИК зондов первой группы производят во время отсутствия тока в ГК зондов обеих групп, а возбуждение импульсов тока в ГК и измерения сигнала ВНЭП в ИК зондов второй группы выполняют во время прохождения импульсов тока в ГК зондов первой группы.

Недостаток известного способа заключается в том, что на измеряемую ЭДС на поздних временах влияют электромагнитные и геометрические характеристики первой 25 колонны, которые измеряются с определенной погрешностью по данным первой группы зондов. Для определения толщины стенки второй колонны необходимо вносить поправки учета погрешности, которые устанавливаются не всегда корректно.

Известны способ электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах и электромагнитный скважинный дефектоскоп (Пат. РФ №2507393, приор. 31.08.2012 г., 30 опубл. 20.02.2014 г.).

Известный 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 35 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 40 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-генераторные катушки, каждая из которых состоит из генераторной и приемной катушек с единым сердечником. 45 Причем приемно-генераторные катушки выполнены разного размера, разнесены друг от друга на оси устройства на расстояние не меньше длины большей приемно-генераторной катушки.

Недостаток известного способа измерения заключается в том, что при

последовательном намагничивании каждой магнитной металлической трубы, начиная с ближайшей, при дальнейшем измерении ЭДС влияние электромагнитных и геометрических параметров первой трубы будет искажать результаты измерений в последующих трубах, что при окончательной обработки вызывает необходимость

вычитать это влияние.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение точности измерений за счет исключения влияния электромагнитных и геометрических параметров ближней магнитной металлической трубы на результаты измерений на поздних временах в последующих трубах.

Указанная задача решается тем, что в способе электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии в многоколонных скважинах, включающим возбуждение нестационарного электромагнитного поля импульсами тока в генераторных катушках разной длины и измерение ЭДС, наведенной в приемных катушках вихревыми токами, протекающими в исследуемых металлических магнитных трубах, в отличие от известного, одновременно возбуждают импульсом тока длительностью T все генераторные катушки, а затем их последовательно с интервалом T_i отключают от генератора, начиная с короткой генераторной катушки, и последовательно каждой измерительной катушкой, соответствующей отключенной генераторной катушке, измеряют ЭДС (E) как функцию времени $E(t_j)$, причем сигнал с самой последней, длинной измерительной катушки регистрируют как постоянную спада - $\tau = [E(t_{j+1}) - E(t_j)] : [(t_{j+1} - t_j)E(t_j)]$. При этом длительность T выбирают по зависимости $T = a h$,

где T - длительность импульса тока, с,

T_i - интервал отключения тока, с,

t_j - шаг интервала измерения ЭДС в интервале T_i , с,

τ - постоянная спада, 1/с,

E - измеряемая ЭДС, мВ,

a - коэффициент пропорциональности, с/мм,

h - общая толщина колонн, мм.

На фиг. 1 показан пример регистрации ЭДС в двухколонной модели по патенту №2507393.

На фиг. 2 представлен пример регистрации постоянной спада τ для двухколонной модели при реализации предложенного способа.

На фиг. 3 представлена конструкция электромагнитного дефектоскопа с двумя генераторно-приемными катушками, установленными на едином сердечнике.

Реализация заявляемого способа может быть осуществлена электромагнитным скважинным дефектоскопом, выбранным для примера, с двумя приемно-генераторными зондами разной длины с единым сердечником и представленным на фиг. 3. Дефектоскоп содержит два зонда: короткий 1 и длинный 2, каждый из которых состоит из генераторной 3 и 4 и приемной катушек 5 и 6 с единым сердечником 7. Дефектоскоп спущен в скважину с двумя магнитными трубами 8 и 9.

(Методическое руководство по проведению магнитоимпульсной дефектоскопии-толщинометрии в газовых и нефтяных скважинах аппаратурой МИД-ГАЗПРОМ и обработке результатов измерений. - М.: ВНИИгеосистем, 2011», с. 36 и Отчет ВНИИГИС Гос. регистр. №1.890.0008548, 1990 г. с. 39, в которых представлены приемная и генераторные катушки с общим сердечником).

Метод магнитоимпульсной электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии основан на исследовании пространственного распределения в колонне труб затухающих

во времени вихревых токов, наводящих электродвижущую силу (ЭДС) в измерительной катушке индуктивности после прохождения импульса тока намагничивания в генераторной катушке. Сигнал, наведенный в колонне труб, можно определить согласно статье: Эпов М.И., Морозова Г.М., Антонова Е.Ю. «Определение параметров ферромагнитного проводящего цилиндрического слоя по данным метода становления поля» // Геология и геофизика. Т. 45, 2005, с. 1358 и статье Потапов А.П., Кнеллер Л.Е., «Численное решение прямой и обратной задачи импульсной электромагнитной толщинометрии обсадных колонн в скважинах» // Геология и геофизика, №8, т. 42, 2001, стр. 1279.

При реализации способа по пат. РФ №2507393 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. При дальнейшей обработке данных производят вычитание влияния первой колонны из результатов, полученных по второй колонне.

На фиг. 1, где показан пример регистрации ЭДС в двухколонной скважине по патенту РФ №2507393, видно, что кривые I, II и III соответствуют сигналам от первой колонны разной толщины, которые в конечном итоге будут учитываться при измерении во второй колонне.

В отличие от известного, в заявляемом способе подают импульсы тока намагничивания с одинаковой длительностью T одновременно на все обмотки 3 и 4 генераторных катушек, при этом длительность импульсов рассчитывают в зависимости от общей толщины колонн по формуле $T=a \cdot h$, где коэффициент «а» устанавливается экспериментальным путем. Затем, последовательно, начиная с самой короткой приемно-генераторной катушки 3, отключают эти катушки от генератора с последовательным интервалом T_i , который выбирают в зависимости от известной из паспортных данных толщины h_i каждой колонны на скважине. Данная зависимость заранее устанавливается экспериментальным путем.

При этом последовательно, начиная с короткой, соответственно, отключенной генераторной катушки, каждой приемной катушкой 5 и 6 измеряют величину ЭДС как функцию времени $E(t_j)$.

При этом инверсия кривых ЭДС - $E(t_j)$. при изменении магнитной проницаемости на ранних временах позволяет разделять аномалии на каротажных кривых, связанных с изменением магнитных свойств и изменением толщины труб (колонн).

На основе математического моделирования, подтвержденного экспериментальным путем, установлено, что изменение ЭДС на поздних временах зависит от геометрических характеристик исследуемых труб, в то время как на ранних временах изменение ЭДС прямо пропорционально общей электропроводности среды.

Сигнал с самой длинной приемной катушки 6 регистрируют как постоянную спада на поздних временах, рассчитываемую из выражения: $\tau=[E(t_{j+1})-E(t_j)]:[(t_{j+1}-t_j)E(t_j)]$, выведенного экспериментально на основе математического моделирования.

Таким образом, на каротажных диаграммах в многоколонных скважинах изменения $E(t_j)$ на фоне изменения параметров последующей колонны будут видны изменения параметров предыдущей колонны. Если представить каротажную кривую в виде постоянной спада из выражения $\tau=[E(t_{j+1})-E(t_j)]:[(t_{j+1}-t_j)E(t_j)]$, то на поздних временах она будет характеризовать только изменения параметров последней колонны. Такой подход позволяет надежно разделять сигналы от нескольких колонн.

На фиг. 3 показаны кривые регистрации ЭДС в многоколонной скважине согласно заявляемому способу, где обозначены сигналы $E(t_j)$ на ранних временах, соответствующие участкам разной толщины первой колонны, и ЭДС (кривая IV) - как постоянная спада на поздних временах, после 40 мс, рассчитываемая из выражения: $\tau = [E(t_{j+1}) - E(t_j)] : [(t_{j+1} - t_j) E(t_j)]$, измеренная второй (длинной) катушкой.

Фиг. 3 поясняет, что на поздних временах на показания длинной катушки не оказывают влияние изменения геометрии первой колонны.

В программу управления процессом исследования дефектоскопом заложен алгоритм расчета момента времени t_j , который зависит от общего количества исследуемых труб в скважине.

(57) Формула изобретения

Способ электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии в многоколонных скважинах, включающий возбуждение нестационарного электромагнитного поля импульсами тока в генераторных катушках разной длины и измерение ЭДС, наведенной в приемных катушках вихревыми токами, протекающими в исследуемых металлических магнитных трубах, отличающийся тем, что возбуждают импульсом тока длительностью T одновременно все генераторные катушки, а затем их последовательно с интервалом T_i отключают от генератора, начиная с короткой генераторной катушки, и

последовательно каждой измерительной катушкой, соответствующей отключенной генераторной катушке, измеряют ЭДС (E) как функцию времени $E(t_j)$, причем сигнал с самой последней, длинной измерительной катушки регистрируют как постоянную спада - $\tau = [E(t_{j+1}) - E(t_j)] : [(t_{j+1} - t_j) E(t_j)]$, при этом длительность T выбирают по зависимости

$T = a h$,

где T - длительность импульса тока, с,

T_i - интервал отключения тока, с,

t_j - шаг интервала измерения ЭДС в интервале T_i , с,

τ - постоянная спада, 1/с,

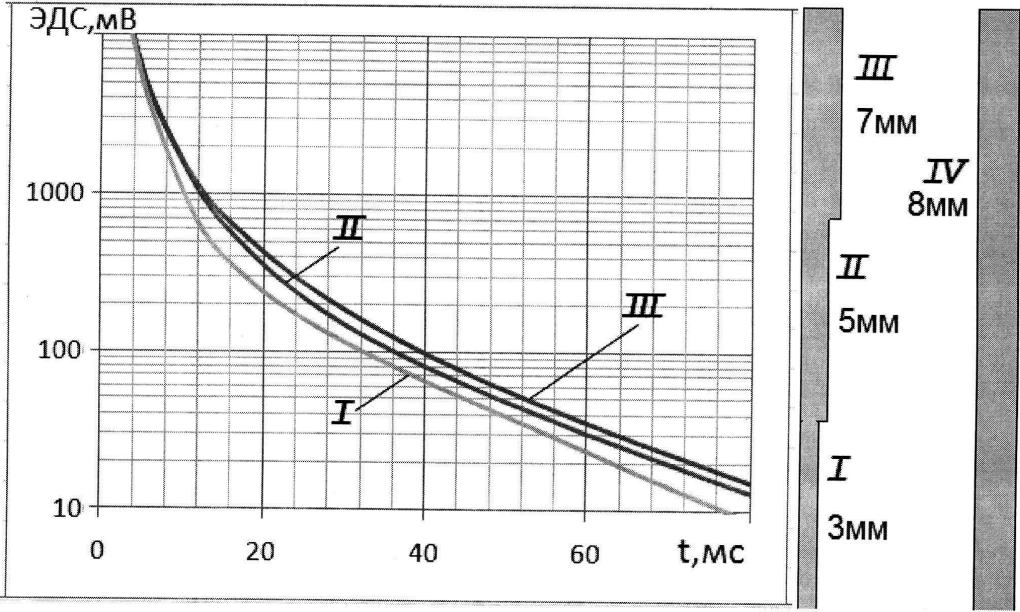
E - измеряемая ЭДС, мВ,

a - коэффициент пропорциональности, с/мм,

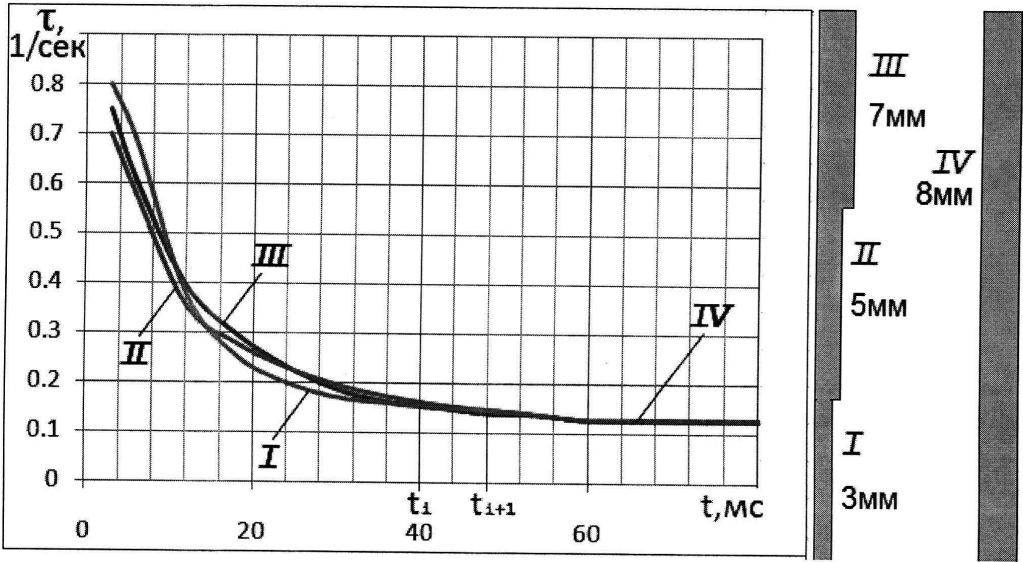
h - общая толщина колонн, мм.

1

Способ электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии
в многоколонных скважинах



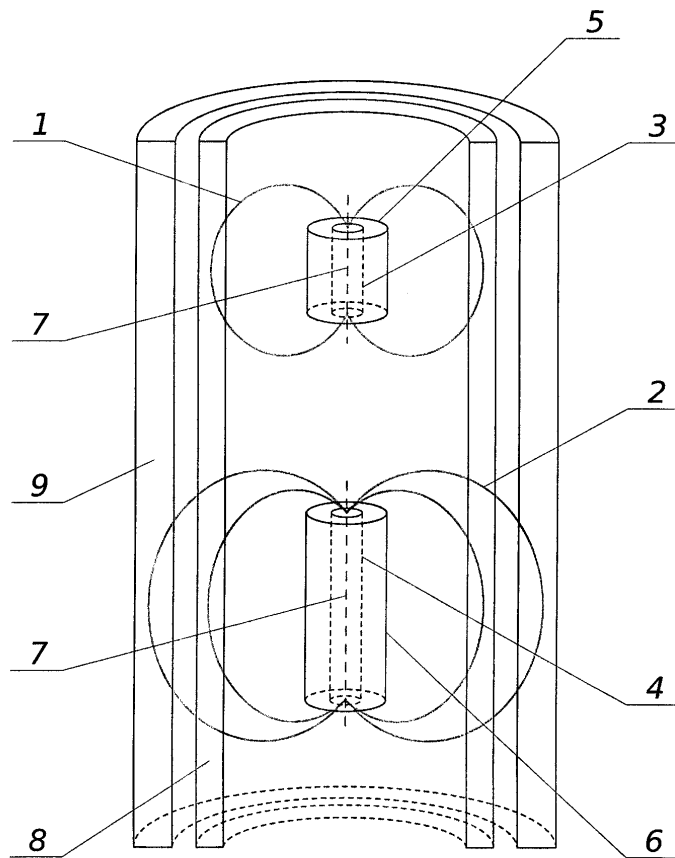
Фиг. 1



Фиг. 2

2

Способ электромагнитной дефектоскопии-толщинометрии
в многоколонных скважинах



Фиг. 3