



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2007142168/03, 14.11.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.11.2007

(45) Опубликовано: 20.08.2009 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: ТЕПЛУХИН В.К. и др.

Совершенствование аппаратуры и  
технологии скважинной электромагнитной  
дефектоскопии, НТВ каротажник, АИС. -  
Тверь, 2006, вып.149, с.173-183. RU 2074314  
C1, 27.02.1997. RU 2290632 C2, 27.12.2006. RU  
2333461 C1, 10.09.2008. RU 3998 U1, 16.04.1997.  
SU 1420515 A1, 30.08.1988. SU 538213 A1,  
05.12.1976. DE 102004026311 A1, (см. прод.)

Адрес для переписки:

452614, Республика Башкортостан, г.  
Октябрьский, ул. Горького, 1, ОАО НПП  
"ВНИИГИС", отдел промышленной  
собственности

(72) Автор(ы):

**Наянзин Анатолий Николаевич (RU),  
Потапов Александр Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Закрытое акционерное общество  
Научно-производственная фирма "ГИТАС"  
(ЗАО НПФ "ГИТАС") (RU)**

**(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ В МНОГОКОЛОННЫХ  
СКВАЖИНАХ**

(57) Реферат:

Использование: геофизические  
исследования скважин. Предназначено для  
дефектоскопии металлических труб,  
расположенных в скважинах, в частности  
стальных бурильных, обсадных и  
насосно-компрессорных труб, с  
одновременным вычислением толщины стенок  
каждой из труб. Техническим результатом  
изобретения является расширение области  
применения и повышение качества  
дефектоскопии. Сущность изобретения. В  
способе электромагнитной дефектоскопии в  
многоколонных скважинах, заключающемся в  
измерении эдс, наведенной в приемной  
катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в  
стальных обсадных или  
насосно-компрессорных трубах процессом

спада электромагнитного поля, вызванного  
зондирующим импульсом тока  
намагничивания в генераторной катушке, для  
возбуждения генераторной катушки  
используют чередование импульсов тока  
намагничивания различной длительности в  
диапазоне от 10 мс до 200 мс через каждые 200  
мс, и измерение параметров труб малого  
диаметра осуществляют после выключения  
возбуждающих импульсов тока  
намагничивания меньшей длительности,  
например в диапазоне от 10 до 40 мс, а  
измерение параметров труб большего диаметра  
производят после выключения возбуждающих  
импульсов тока намагничивания с большей  
длительностью, например в диапазоне от 40 мс  
до 200 мс. 7 ил.

(56) (продолжение):

29.12.20005. US 4736298 A, 05.04.1988. US 4751460 A, 14.08.1988. US 4292589 A, 29.09.1981. JP 8166351 A, 25.06.1996.

R U 2 3 6 4 7 1 9 C 1

R U 2 3 6 4 7 1 9 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*E21B 47/08* (2006.01)*G01N 27/90* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007142168/03**, 14.11.2007(24) Effective date for property rights:  
**14.11.2007**(45) Date of publication: **20.08.2009 Bull. 23**

Mail address:

**452614, Respublika Bashkortostan, g.  
Oktjabr'skij, ul. Gor'kogo, 1, OAO NPP  
"VNIIGIS", otdel promyshlennoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Najanzin Anatolij Nikolaevich (RU),  
Potapov Aleksandr Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo Nauchno-  
proizvodstvennaja firma "GITAS" (ZAO NPF  
"GITAS") (RU)**

**(54) METHOD OF ELECTROMAGNETIC TESTING IN MULTICOLUMN WELLS**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: usage: well surveys. It is provided for defectoscopy of metal pipes, located in wells, particularly steel drilling, casing and tubing pipes, with simultaneous calculation of walls thickness of each of pipes. In method of electromagnetic testing in multicolumn wells, consisting in measuring of electromotive difference, brought on in receiver coil by whirling currents, excited in steel casing or tubing pipes by means of electromagnetic field decay process, activated by interrogation pulse of excitation current in exciter coil, for activation of exciter coil it is used alternation of excitation

current impulses of different duration in the range from 10 millisecond up to 200 millisecond after each 200 millisecond, and measurement of pipe parametres of small diametre is implemented after switching off of drive pulse of excitation current of less duration, for instance in the range from 10 up to 40 millisecond, and measurement of pipe parametres of high diametre is implemented after turning off of drive pulse of excitation current with more duration, for instance in the range from 40 millisecond up to 200 millisecond.

EFFECT: range of application expansion and improving of defectoscopy.

7 dwg

Предлагаемое изобретение относится к геофизике и может быть использовано при дефектоскопии металлических труб, расположенных в скважинах, в частности стальных бурильных, обсадных и насосно-компрессорных труб, с одновременным вычислением толщины стенок каждой из труб в многоколонных скважинах.

Известно устройство электромагнитной дефектоскопии и толщинометрии, основанное на измерении эдс вихревых токов, наведенных в трубах, после пропускания импульса тока намагниченности длительностью  $T_{и}$  через генераторную катушку индуктивности. Катушка помещена внутрь системы обсадных и насосно-компрессорных труб. Число витков и параметры сердечников генераторной и измерительных катушек выбирают таким образом, чтобы время затухания переходного процесса в устройстве не превышало  $2 \cdot 10^{-4}$  с (Пат. RU №2074314, E21B 47/00, 47/12, «Скважинный электромагнитный толщиномер-дефектоскоп»).

В известном устройстве временное разделение сигнала позволяет исследовать первую и вторую колонны. На фиг.1 приведены результаты моделирования в одно-, двух- и трехколонной конструкции, где  $E(t)$  - эдс, наведенная в катушке; 1, 2, 3 - сигнал в одно-, двух- и трехколонной конструкции соответственно.

Недостатком данного устройства является недостаточная надежность разделения сигналов от разных колонн (внутренней - меньшего диаметра и внешней - большего диаметра), т.к. временной интервал  $t$  зависит от параметров колонны (толщина стенки, электромагнитные характеристики металла). Например, уменьшение толщины стенки первой колонны приводит к тому, что сигнал от второй колонны смещается на более ранние времена.

Известен скважинный электромагнитный дефектоскоп, в котором параметры сердечника и число витков генераторной и измерительной катушек индуктивности выбирают по максимальному диаметру стальных труб и по степени детализации измерений (время переходного процесса должно быть меньше времени между квантами измерения при заданной скорости движения электромагнитного дефектоскопа в скважине). Положительный эффект: уменьшение искажения формы переходного процесса затухания магнитного поля (пат. RU №2290632 «Электромагнитный дефектоскоп скважинный», G01N 27/90).

Недостатком устройства является то, что выбор параметров сердечника и число витков генераторной и измерительной катушек выбирают в соответствии с размером стальной трубы большего диаметра, что обеспечивает хорошую чувствительность второй колонны, но не позволяет надежно разделить сигналы от колонн разного диаметра.

Известна аппаратура скважинной электромагнитной дефектоскопии, в которой для более надежного разделения сигналов от внутренней и внешней колонн в скважинном приборе содержится два продольных зонда различной длины (Теплухин В.К. и др. Совершенствование аппаратуры и технологии скважинной электромагнитной дефектоскопии. // НТВ «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 международного симпозиума. - Уфа, 23-24 апреля, 1997 г., с.29-30 (Прототип)).

Применяемые в известных устройствах длинный и короткий зонды позволяют более качественно производить измерение толщины колонн разного диаметра. Для измерения внутренней трубы малого диаметра используют короткий зонд, а для

измерения внешних труб большего диаметра - длинный зонд.

На фиг.2 приведен принцип разделения двух колонн известным устройством, где  $l_1, l_2$  - длины катушек;

$H_1, H_2$  - силовые линии магнитного поля напряженностью  $H_1, H_2$ ;

$T$  - длительность возбуждающего импульса тока;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  - эдс, наведенная в измерительных катушках, соответственно от первой колонны и от двух колонн.

При прохождении импульса длительностью  $T$  через длинную катушку возбуждается магнитное поле в двух колоннах, а при прохождении через короткую катушку - в первой колонне, при этом регистрируются сигналы от одной колонны и двух колонн.

Такой подход имеет ряд недостатков.

1. Применение двух зондов вместо одного существенно увеличивает габариты аппаратуры по длине, особенно из-за необходимости расстановки двух зондов на значительном расстоянии между собой для устранения их взаимного влияния.

2. Требуется привязка данных по глубине.

3. Поскольку расчет толщины 1 и 2 колонн производится не отдельно по зондам, требуется тщательное согласование параметров длинного и короткого зондов.

4. При нагревании зондов в процессе скважинных измерений их параметры неизбежно изменяются. Причем изменение происходит не синхронно: обычно малый зонд прогревается быстрее, из-за чего появляются дополнительные погрешности.

Задачей предлагаемого технического решения является устранение указанных недостатков и обеспечение высокоточной и качественной дефектоскопии и измерения толщины ферромагнитных колонн различного диаметра в скважинах с использованием одного продольного зонда.

Указанная задача решается тем, что в способе электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах, заключающемся в измерении эдс, наведенной в приемной катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в стальных обсадных или насосно-компрессорных трубах процессом спада электромагнитного поля, вызванного зондирующим импульсом тока в генераторной катушке, для возбуждения генераторной катушки используют чередование импульсов тока различной длительности в диапазоне от 10 мс до 200 мс через каждые 200 мс, и измерение параметров труб малого диаметра осуществляют после выключения возбуждающих импульсов тока меньшей длительности, например в диапазоне от 10 до 40 мс, а измерение параметров труб большего диаметра производят после выключения возбуждающих импульсов тока с большей длительностью, например в диапазоне от 40 мс до 200 мс.

Для понимания сущности заявляемого способа прилагаются следующие чертежи.

На фиг.1 представлены результаты моделирования измерений в одно, двух и трехколонной конструкции с использованием стандартного зонда.

На фиг.2 иллюстрирован принцип разделения двух колонн зондом с двумя катушками (длинной и короткой).

На фиг.3 приведен принцип разделения двух колонн при использовании импульсов разной длительности согласно заявляемого способа.

На фиг.4 дан пример регистрации эдс в измерительной катушке короткого и длинного зонда в двухколонной скважине после прохождения прямоугольного импульса тока длительностью 20 мс.

На фиг.5 изображена частотная характеристика сигналов от длинного и короткого

зонда.

На фиг.6 приведена частотная характеристика возбуждающего импульса тока генераторной катушки в заявляемом способе.

На фиг.7 представлены результаты измерений в двухколонной модели при использовании одного зонда при прохождении импульсов тока различной длительности по заявляемому способу.

Предложенный способ подтверждается экспериментальными и теоретическими расчетами.

Метод магнито-импульсной 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 пропускания импульса тока намагничивания в генераторной катушке. Сигнал, наведенный в колонне труб, можно определить согласно статье: Эпов М.И., Морозова Г.М., Антонова Е.Ю. «Определены параметры ферромагнитного проводящего цилиндрического слоя по данным метода становления поля» // Геология и геофизика, т.45, 2005, стр.1358-1368 и статье: Потапов А.П., Кнеллер Л.Е. «Численное решение прямой и обратной задач импульсной электромагнитной толщинометрии обсадных колонн в скважинах» // Геология и геофизика, №8, т.42, 2001, стр.1279-1248.

$$\varepsilon = \frac{\partial B(t)}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  - эдс,

$\partial B(t)$  - электромагнитная индукция;

$dt$  - производная времени, при этом:

$$B(t) = \mu \mu_0 H(t), \quad (2)$$

в котором:

$$H(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) H(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (3)$$

где  $\mu$  - магнитная проницаемость среды;

$\mu_0$  - магнитная проницаемость вакуума;

$H(t)$  - напряженность магнитного поля;

$H(\omega)$  - частотная характеристика окружающей среды (колонны труб);

$F(\omega)$  - частотная характеристика источника (генераторной катушки);

$e^{i\omega t}$  - экспоненциальный множитель;

$\omega$  - циклическая частота тока.

Тогда из формул (1, 2, 3) можно сделать вывод, что эдс -  $\varepsilon$  - зависит от частотной характеристики источника (генераторной катушки -  $F(\omega)$ ) и окружающей среды -  $H(\omega)$ , которая в процессе измерения не изменяется.

Фиг.3 иллюстрирует принцип разделения двух колонн при использовании импульсов различной длительности согласно заявляемому способу, где  $H_1$  - напряженность поля при прохождении тока длительностью  $T_1$  и  $H_2$  - при прохождении тока длительностью  $T_2$ ;

$\varepsilon_1$  - эдс от первой колонны;

$\varepsilon_2$  - эдс от двух колонн.

На фиг.4 приведен пример регистрации эдс в измерительной катушке короткого и длинного зонда в двухколонной скважине после прохождения прямоугольного импульса тока длительностью 20 мс. Зависимость получена экспериментальным

путем. Время затухания длинного зонда (кривая 1) больше, чем короткого (кривая 2), так как длинный зонд регистрирует сигнал с двух колонн.

Из формулы (3) следует, что, подбирая частотную характеристику источника  $F(\omega)$ , можно одним зондом имитировать многозондовые измерения.

На фиг.5 изображена частотная характеристика сигналов от длинного зонда - 1 и короткого зонда - 2. Зависимость получена из кривых эдс (фиг.4) расчетным путем на основе преобразований Фурье. Энергетический спектр короткого зонда перемещен в область высоких частот (кривая 2).

Таким образом, зная частотные характеристики длинного и короткого зондов и используя последовательность импульсов различной длительности с помощью одного зонда, можно получить измерения, эквивалентные многозондовой аппаратуре.

На фиг.6 приведена частотная характеристика  $F(\omega)$  импульса тока (генераторной катушки), используемого способа, где 1 - кривая частотной характеристики тока, соответствует длительности

200 мс (длинный зонд), а 2 - кривая частотной характеристики, соответствует длительности 20 мс (короткого зонда),  $\omega$  - циклическая частота.

На фиг.7 приведены результаты измерений в двухколонной модели при использовании одного зонда при прохождении импульса тока длительностью 20 и 200 мс,

где ось X - время в мс, ось Y - эдс в в/а,

1, 2 - сигналы в двухколонной конструкции при прохождении импульса тока соответственно длительностью 20 и 200 мс, при этом кривая 1 соответствует импульсу тока в диапазоне 40-200 мс, а кривая 2 соответствует импульсу тока в диапазоне 10-40 мс,

3, 4 - сигналы в одноколонной конструкции при прохождении импульса тока длительностью 20 и 200 мс.

Использование импульсов разной длительности позволяет разделить сигналы от двух колонн.

Реализацию способа можно осуществить, используя зонд по патенту №2074314, следующим образом: через каждые 200 мс пропускаем последовательность импульсов тока возбуждения в генераторной катушке зонда в диапазоне 10-40 мс и после выключения регистрируем кривую 2 (фиг.7), которая характеризует параметры трубы малого диаметра (первой колонны), далее пропускаем последовательность импульсов тока возбуждения в генераторной катушке зонда в диапазоне 40-200 мс и после выключения регистрируем кривую 1 (фиг.7), которая характеризует параметры трубы большого диаметра (второй колонны). Кривые 1 и 2 регистрируются в результате математической обработки по известным формулам, заложенным в программе обработки сигналов.

#### Формула изобретения

Способ электромагнитной дефектоскопии в многоколонных скважинах, заключающийся в измерении э.д.с., наведенной в приемной катушке вихревыми токами, возбуждаемыми в стальных обсадных или насосно-компрессорных трубах процессом спада электромагнитного поля, вызванного зондирующим импульсом тока намагничивания в генераторной катушке, отличающийся тем, что для возбуждения генераторной катушки используют чередование импульсов тока намагничивания различной длительности в диапазоне от 10 до 200 мс через каждые 200 мс, и измерение параметров труб малого диаметра осуществляют после выключения возбуждающих

импульсов тока намагничивания меньшей длительности, например в диапазоне от 10 до 40 мс, а измерение параметров труб большего диаметра производят после выключения возбуждающих импульсов тока намагничивания с большей длительностью, например в диапазоне от 40 до 200 мс.

5

10

15

20

25

30

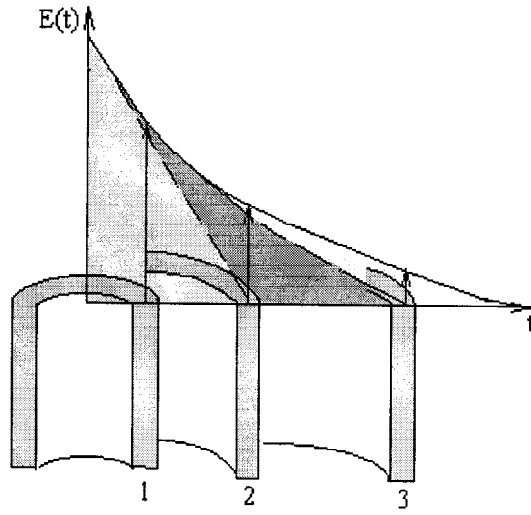
35

40

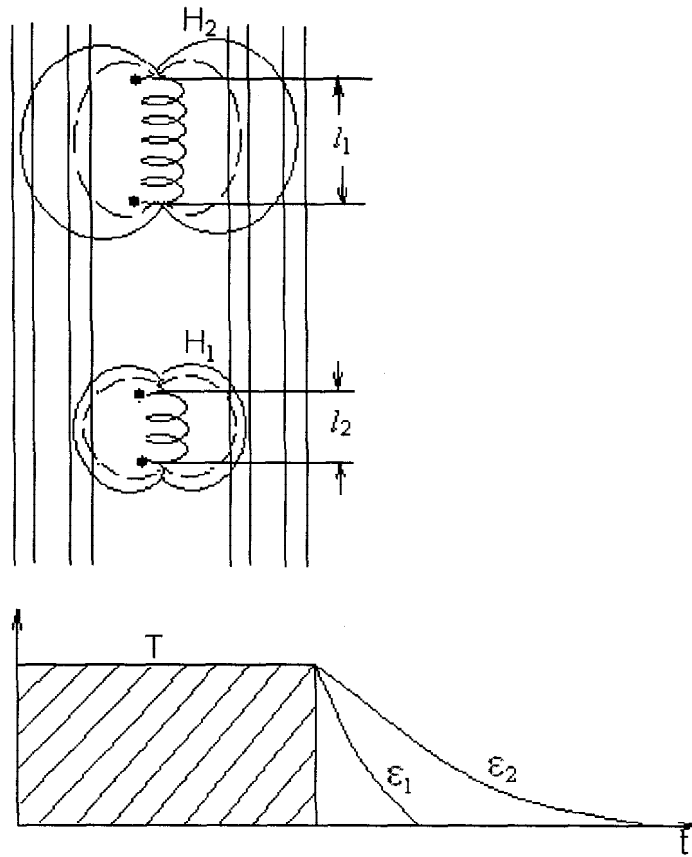
45

50

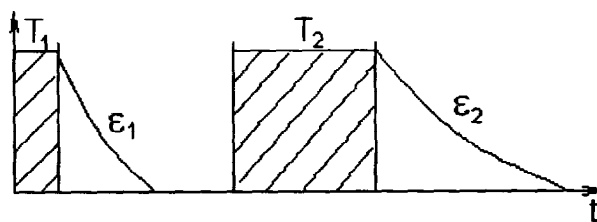
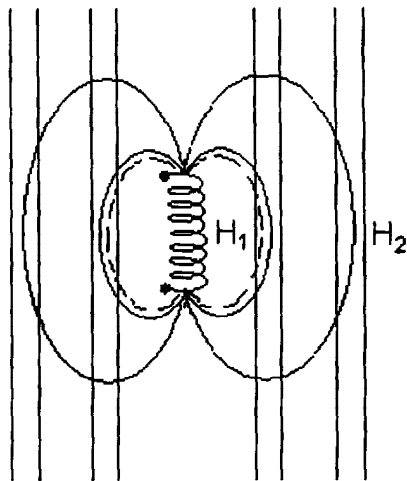




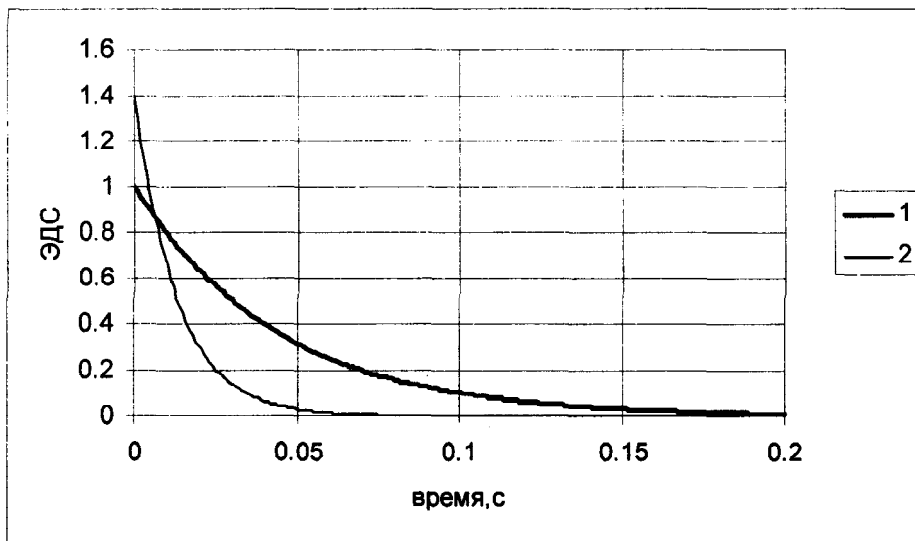
Фиг.1



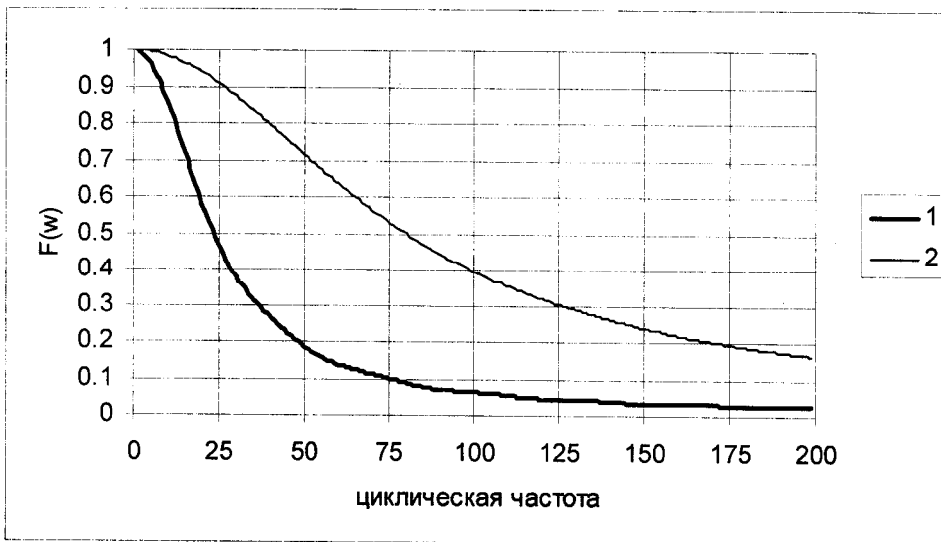
Фиг.2



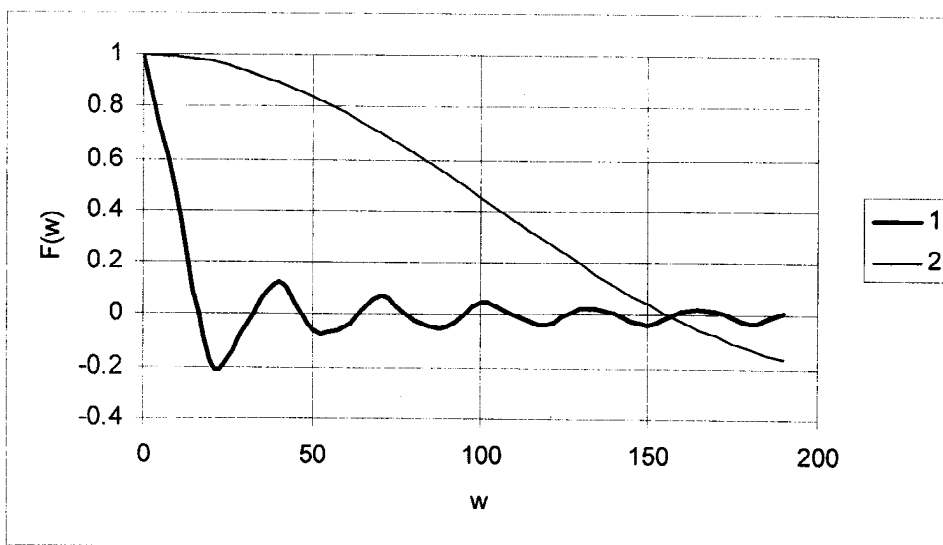
Фиг.3



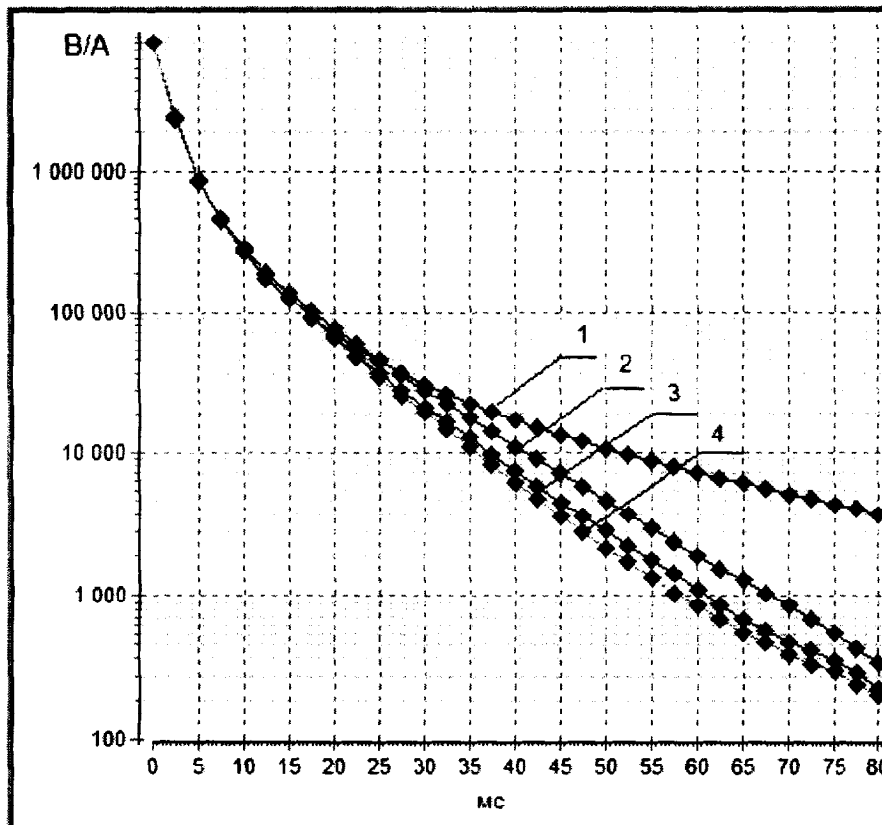
Фиг.4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг.7