



(19) **UA** (11) **46 067** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **E 21B 47/022 A**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 98052625, 20.11.1996
(24) Дата начала действия патента: 15.05.2002
(30) Приоритет: 21.11.1995 EP 95203200.1
(46) Дата публикации: 15.05.2002
(86) Заявка PCT:
PCT/EP96/05170, 19961120

(72) Изобретатель:
Хартманн Робин Адрианус, NL
(73) Патентовладелец:
ШЕЛЛ ИНТЕРНАЦИОНАЛЕ РИСЕРЧ
МААТШАППИДЖ Б.В., NL

(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНЕ

(57) Реферат:
Предложен метод оценки геофизических исследований в скважине (ГИС), пробуренной в горных породах. Способ включает: а) выбор датчика для измерения параметра поля земли и позиционного параметра в стволе названной скважины; б) определение теоретических ошибок измерения названных параметров этим датчиком; в) эксплуатацию названного датчика с целью измерения позиционного параметра и параметра поля Земли в выбранном положении в стволе скважины; г) определение разности между измеренным параметром поля Земли и известной величиной названного параметра поля земли в названном положении, а также определение

соотношения между названной разницей и теоретической погрешностью измерения параметра поля Земли; д) определение погрешности измерения позиционного параметра, исходя из произведения названного соотношения и теоретической погрешности измерения позиционного параметра.

Официальный бюлетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.

UA 46067 C2

UA 46067 C2



(19) **UA** (11) **46 067** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **E 21B 47/022 A**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 98052625, 20.11.1996

(24) Effective date for property rights: 15.05.2002

(30) Priority: 21.11.1995 EP 95203200.1

(46) Publication date: 15.05.2002

(86) PCT application:
PCT/EP96/05170, 19961120

(72) Inventor:

Hartmann Robin Adrianus, NL

(73) Proprietor:

SHELL INTERNATIONAL RESEARCH
MAATSHAPPIGE B. V., NL

(54) **A METHOD FOR QUALIFYING A SURVEY OF A BOREHOLE**

(57) Abstract:

A method of qualifying a survey of a borehole formed in an earth formation is provided. The method includes the steps of a) selecting a sensor for measuring an earth field parameter and a borehole position parameter in said borehole, b) determining theoretical measurement uncertainties of said parameters when measured with the sensor, c) operating said sensor so as to measure the position parameter and the earth field parameter at a selected position in the borehole, d) determining the difference between the measured earth field parameter and a known magnitude of said earth field parameter at said

position, and determining the ratio of said difference and the theoretical measurement uncertainty of the earth field parameter, and e) determining the uncertainty of the measured position parameter from the product of said ratio and the theoretical measurement uncertainty of the position parameter.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2002, N 5, 15.05.2002. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

U A 4 6 0 6 7 C 2

U A 4 6 0 6 7 C 2



(19) **UA** ⁽¹¹⁾ **46 067** ⁽¹³⁾ **C2**
(51)МПК ⁷ **E 21B 47/022 A**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВИНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
98052625, 20.11.1996

(24) Дата набуття чинності: 15.05.2002

(30) Дані стосовно пріоритету відповідно до Паризької конвенції : 21.11.1995 EP 95203200.1

(46) Публікація відомостей про видачу патенту (декларційного патенту): 15.05.2002

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки відповідно до договору РСТ:
PCT/EP96/05170, 19961120

(72) Винахідник(и):
Хартманн Робін Адріанус , NL

(73) Власник(и):
ШЕЛЛ ІНТЕРНАЦІОНАЛЕ РІСЕРЧ
МААТШАППІДЖ Б.В., NL

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СВЕРДЛОВИНІ

(57) Реферат:

Пропонується спосіб оцінки геофізичних досліджень у свердловині [ГДС], пробуреній у гірських породах. Спосіб включає: а) вибір датчика для вимірювання параметра поля землі і позиційного параметра у стволі згаданої свердловини; б) визначення теоретичних похибок вимірювання згаданих параметрів цим датчиком; в) експлуатацію згаданого датчика з метою вимірювання позиційного параметра і параметра поля землі у вибраному положенні в стволі

свердловини; г) визначення різниці між вимірним параметром поля землі і відомою величиною згаданого параметра поля землі в згаданому положенні, а також визначення співвідношення між згаданою різницею та теоретичною похибкою вимірювання параметра поля землі; і д) визначення похибки вимірювання позиційного параметра, виходячи з добутку згаданого співвідношення та теоретичної похибки вимірювання позиційного параметра.

UA 46067 C2

UA 46067 C2

Опис винаходу

Цей винахід стосується способу оцінки геофізичних досліджень у свердловині (ГДС), пробуреній у гірських породах. У галузі буріння свердловин, наприклад, з метою розробки родовищ вуглеводнів, скрізь практикується вимірювання профілю свердловини під час буріння, для того, щоб переконатись у тому, що забій свердловини досягнув кінцевої цільової зони у товщі гірських порід. Такі вимірювання можуть виконуватися з використанням характеристик гравітаційного поля землі і магнітного поля землі, для чого у буровій колоні на рівних відстанях один від одного разом встановлюються акселерометри і магнітометри. Хоча ці датчики в більшості випадків забезпечують надійні результати, звичайно вважають за необхідне виконувати незалежне вимірювання "у другу руку". Незалежне вимірювання звичайно виконують з використанням гіроскопа, який опускають у ствол свердловини після встановлення в ньому обсадної колони. Така процедура потребує багато коштів і часу на її виконання, через що виникає необхідність впровадження способу, який дозволяє уникнути проведення незалежних гіроскопічних вимірювань.

В ЕР-А-О 384 537 описується спосіб геофізичних досліджень у свердловинах, за допомогою якого цілеспрямовані дані дослідження свердловини - за допомогою каротажу (ГДС) - обчислюються на базі параметрів поля землі, вимірних датчиками у стволі або на забої. Для підвищення точності вимірювань очікувані значення напруженості гравітаційного поля землі, напруженості магнітного поля землі і кута магнітного нахилення обробляються методом множників Лагранжа з накладанням апроксимованих у трьох вимірах відхилень та відліків акселерометра та магнітометра.

В ЕР-А-0654.686 описується спосіб, у якому параметри номінальної напруженості магнітного поля і номінального кута нахилення використовуються в комбінації з відліками датчика, що дозволяє дати найточнішу оцінку осьової складової магнітного поля, яку застосовують для обчислення азимуту ствола свердловини.

Таким чином, об'єктом цього винаходу є впровадження способу оцінки геофізичного дослідження у свердловині, пробуреній у гірських породах, який дозволяє уникнути необхідності виконання незалежного ГДС "у другу руку".

Згідно з цим винаходом впроваджується спосіб оцінки геофізичного дослідження у свердловині, пробуреній у гірських породах; цей спосіб включає:

- а) вибір датчика для вимірювання параметра поля землі і позиційного параметра у стволі згаданої свердловини;
- б) визначення теоретичних похибок вимірювання згаданих параметрів датчиком;
- в) експлуатацію згаданого датчика з метою вимірювання позиційного параметра і параметра поля землі у вибраному положенні в стволі свердловини;
- г) визначення різниці між вимірним параметром поля землі і відомою величиною згаданого параметра поля землі в згаданому положенні, а також визначення співвідношення згаданої різниці і теоретичної похибки вимірювання параметра поля землі; і
- д) визначення похибки вимірювання позиційного параметра, виходячи з добутку згаданого співвідношення та теоретичної похибки вимірювання позиційного параметра.

Параметром поля землі може бути, наприклад, напруженість гравітаційного або магнітного поля землі, а позиційним параметром свердловини може бути, наприклад, нахил [відхилення осі від вертикалі] ствола свердловини або азимут ствола свердловини.

Співвідношення різниці між вимірним параметром поля землі та відомою величиною згаданого параметра поля землі у згаданому положенні і теоретичної похибки вимірювання позиційного параметра являє собою попередню перевірку якості дослідження. Якщо значення вимірюваного параметра поля землі є у межах допуску вимірювання цього параметра, тобто якщо це співвідношення не перевищує величину 1, тоді якість дослідження є принаймні прийнятною. Якщо співвідношення перевищує величину 1, якість дослідження вважається поганою. Таким чином, це співвідношення є попереднім критерієм якості дослідження, а добуток цього співвідношення та теоретичної похибки вимірювання позиційного параметра (як це визначено на стадії г) є найкращою приблизною оцінкою якості дослідження.

Нижче у тексті винахід висвітлено більш детально, на прикладах з посиланням на супровідні фігури.

На Фіг. 1 схематично зображено твердотільний свердловинний прилад для дослідження магнітного поля;

На Фіг. 2 зображено діаграму значень різниці між вимірною та відомою напруженістю гравітаційного поля у зразковій свердловині в залежності від глибини ствола свердловини;

На Фіг. 3 зображено діаграму значень різниці між вимірною та відомою напруженістю магнітного поля у зразковій свердловині в залежності від глибини ствола свердловини; і

На Фіг. 4 зображено діаграму значень різниці між вимірним та відомим кутом нахилення у зразковій свердловині в залежності від глибини свердловини.

На Фіг. 1 зображено твердотільний свердловинний прилад для дослідження магнітного поля 1, придатний для застосування згідно з цим винаходом. Свердловинний прилад включає певну кількість датчиків у вигляді тріади акселерометрів 3 та тріади магнітометрів 5, у зв'язку з чим для зручності посилання окремі акселерометри і магнітометри не показані, лише показані їхні відповідні взаємоортогональні напрямки вимірювання X, Y і Z. За допомогою тріади акселерометрів вимірюють прискорення сили тяжіння і за допомогою тріади магнітометрів 5 вимірюють складові магнітного поля у цих напрямках. Свердловинний прилад 1 має поздовжню вісь 7, що збігається із поздовжньою віссю ствола свердловини (не показано), в який опускають свердловинний прилад 1. Напрямок пересування свердловинного приладу 1 вгору у стволі свердловини

позначається літерою Н.

Звичайно під час використання свердловинного приладу 1 його вводять у бурову колону (не показано), яку використовують для поглиблення свердловини. У вибраних інтервалах ствола свердловини свердловинний прилад 1 вимірює складові гравітаційного поля землі G і магнітного поля землі B у напрямках X , Y і Z . З вимірних складових G і B відомими у галузі способами визначають величини кута нахилення магнітного поля D , нахил (відхилення від вертикальної осі) ствола свердловини I і азимут ствола свердловини A . Перед подальшою обробкою цих параметрів визначають теоретичні похибки G , B , D , I та A на базі даних калібрування, що представляють клас датчиків, до якого належать датчики свердловинного приладу 1 (тобто величин зміщення, зсуву коефіцієнта масштабування і відхилення від осі), локальних флуктуацій магнітного поля землі, запланованої траєкторії ствола свердловини і поточних умов експлуатації датчика, наприклад, коригування необроблених даних вимірювань. Оскільки теоретичні похибки G , B , D , I та A переважно залежать від точності датчиків, і похибок параметрів поля землі, зумовлених його невеликими флуктуаціями, сумарну теоретичну похибку кожного з цих параметрів можна визначити, виходячи із суми теоретичних похибок, зумовлених характеристиками датчика і флуктуаціями параметра поля землі. У цьому описі використовується така система позначень:

$dG^{th,s}$ = теоретична похибка напруженості гравітаційного поля G , яка зумовлена похибкою датчика;

$dB^{th,s}$ = теоретична похибка напруженості магнітного поля B , яка зумовлена похибкою датчика;

$dD^{th,s}$ = теоретична похибка нахилення, яка зумовлена похибкою датчика;

$dB^{th,g}$ = теоретична похибка напруженості магнітного поля B , яка зумовлена похибкою, пов'язаною з флуктуаціями земного магнітного поля;

$dD^{th,g}$ = теоретична похибка нахилення, яка зумовлена похибкою, пов'язаною з флуктуаціями земного магнітного поля;

$dI^{th,s}$ = теоретична похибка кута нахилу ствола свердловини, яка зумовлена похибкою датчика;

$dA^{th,s}$ = теоретична похибка азимуту свердловини, яка зумовлена похибкою датчика;

$dA^{th,g}$ = теоретична похибка азимуту свердловини, яка зумовлена похибкою, пов'язаною з флуктуаціями земного магнітного поля;

У наступній стадії некориговані значення гравітаційного та магнітного поля, одержані шляхом вимірювання, коригують, роблячи поправку для осьової та поперечно-осьової інтерференції силових ліній магнітного поля та для відхилення від осі, зумовленого положенням зовнішньої сторони приладу. Відповідний спосіб коригування описується в ЕР-В-0193230; в цьому способі як початкові дані використовували локальну очікувану напруженість магнітного поля та кут нахилення, а кінцеві дані одержували у вигляді коригованої напруженості гравітаційного та магнітного полів та кута нахилення. Ці кориговані значення параметра поля землі порівнювали з його відомими локальними значеннями, і для кожного параметра визначали різницю між обчисленим значенням і відомим значенням.

Попередню оцінку якості дослідження одержують шляхом порівняння різниць між коригованими вимірними значеннями та відомими значеннями параметрів поля землі G , B і D з похибками вимірювання згаданих параметрів G , B і D . Для того, щоб якість дослідження була прийнятною, згадана різниця не повинна перевищувати похибку вимірювання. На Фігурах 2, 3 і 4 наведено приклади результатів дослідження свердловини. На Фігурі 2 показано діаграму значень різниці ΔG^m між коригованим вимірним значенням і відомим значенням G в залежності від глибини ствола свердловини. На Фігурі 3 показано діаграму значень різниці ΔB^m між коригованим вимірним значенням і відомим значенням B , в залежності від глибини ствола свердловини. На Фігурах 4 показано діаграму різниці ΔD^m між коригованим вимірним значенням і відомим значенням D в залежності від глибини ствола свердловини. Похибки вимірювання параметрів поля землі в цьому прикладі такі:

похибка $G = dG = 0,0023g$ (де g є прискоренням сили тяжіння);

похибка $B = dB = 0,25\mu T$;

похибка $D = dD = 0,25$ градусів

Ці похибки вимірювання показано на фігурах у вигляді верхніх та нижніх границь 10, 12 для G , верхніх та нижніх границь 14, 16 для B і верхніх та нижніх границь 18, 20 для D . Як зображено на фігурах, усі значення ΔG^m , ΔB^m і ΔD^m є у межах відповідної похибки вимірювання, і, таким чином, ці значення вважаються прийнятними.

Для визначення похибки позиційних параметрів I і A , як похідних вимірних параметрів поля землі G , B і D , спершу визначають такі співвідношення:

$$\Delta G^m / dG^{th,s}$$

$$\Delta B^m / dB^{th,s}$$

$$\Delta D^m / dD^{th,s}$$

$$\Delta B^m / dB^{th,g}$$

$$\Delta D^m / dG^{th,g}$$

де

ΔG^m = різниця між коригованим вимірним значенням і відомим значенням G ;

ΔB^m = різниця між коригованим вимірним значенням і відомим значенням B ;

ΔD^m = різниця між коригованим вимірним значенням і відомим значенням D ;

Для обчислення похибки вимірювання кута нахилу свердловини роблять припущення, що вищезазначене співвідношення напруженості гравітаційного поля $\Delta G^m / dG^{th,s}$ відображає рівень усіх "джерел" складових похибок, які складають похибку кута нахилу. Якщо, наприклад, на станції ГДС виявлено, що в буровій колоні співвідношення дорівнює 0,85, тоді робиться припущення, що всі похибки датчиків в буровій колоні мають значення на рівні 0,85 від значення $dI^{th,s}$. Таким чином, виміряна похибка кута нахилу в буровій колоні для всіх станцій ГДС дорівнює:

$$\Delta I^m = \text{abs} [(\Delta G^m / dG^{th,s}) dI^{th,s}],$$

де

ΔI^m = похибка виміряного кута нахилу, зумовлена похибкою датчика.

Похибка виміряного азимута визначається аналогічним шляхом, однак при цьому похибка азимуту може бути сформована двома "джерелами" [тобто складовими] (похибка датчика та геомагнітна похибка). Для кожного з цих "джерел" є похідні напруженості магнітного поля і кута нахилу, внаслідок чого загалом мають місце чотири похибки вимірювання азимуту:

$$\Delta A^{s,B} = \text{abs} [(\Delta B^m / dB^{th,s}) dA^{th,s}]$$

$$\Delta A^{s,D} = \text{abs} [(\Delta D^m / dD^{th,s}) dA^{th,s}]$$

$$\Delta A^{g,B} = \text{abs} [(\Delta B^m / dB^{th,g}) dA^{th,g}]$$

$$\Delta A^{g,D} = \text{abs} [(\Delta D^m / dD^{th,g}) dA^{th,g}]$$

Для цих значень максимальною вважається похибка вимірювання азимуту ΔA^m , тобто:

$$\Delta A^m = \max [\Delta A^{s,B}; \Delta A^{s,D}; \Delta A^{g,B}; \Delta A^{g,D}].$$

З похибок виміряного нахилу та азимуту ствола свердловини можна одержати похибки горизонтального та вертикального місцеположення у стволі. Ці похибки місцеположення звичайно визначають, використовуючи коваріативний підхід. Для полегшення обчислень можна застосувати більш простий метод:

$$LPU_i = LPU_{i-1} + (AHD_i - AHD_{i-1}) (\Delta A_i^m \sin I_i^m + \Delta A_{i-1}^m \sin I_{i-1}^m) / 2;$$

і

$$UPU_i = UPU_{i-1} + (AHD_i - AHD_{i-1}) (\Delta I_i^m + \Delta I_{i-1}^m) / 2$$

де

LPU_i = похибка горизонтального місцеположення у точці і

AHD_i = глибина ствола свердловини у точці і

ΔA_i^m = похибка виміряного азимуту у точці і

ΔI_i^m = похибка виміряного нахилу в точці і

UPU_i = похибка вертикального місцеположення у точці і.

Таким способом визначають похибки горизонтального місцеположення і похибки вертикального місцеположення; далі їх порівнюють з теоретичними похибками горизонтального та вертикального місцеположення (одержаними з теоретичних похибок нахилу та азимуту ствола), встановлюючи нарешті показник якості геофізичних досліджень у свердловині

Формула винаходу

1. Спосіб оцінки геофізичних досліджень у свердловині, пробуреній у гірських породах, який відрізняється тим, що включає:

- вибір датчика для вимірювання параметра поля землі і позиційного параметра у згаданій свердловині;
- визначення теоретичних похибок вимірювання згаданих параметрів цим датчиком;
- експлуатацію згаданого датчика під час вимірювання позиційного параметра і параметра поля землі у вибраному положенні в стволі свердловини;
- визначення різниці між вимірним параметром поля землі і відомою величиною згаданого параметра поля землі в згаданому положенні, а також визначення співвідношення між згаданою різницею та теоретичною похибкою вимірювання параметра поля землі; і
- визначення похибки вимірювання позиційного параметра, виходячи з добутку згаданого співвідношення та теоретичної похибки вимірювання позиційного параметра.

2. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що згаданий датчик містить твердотільний інструментальний свердловинний прилад для дослідження магнітного поля, з принаймні одним магнітометром і принаймні одним акселерометром.

3. Спосіб за п.2, який відрізняється тим, що твердотільний інструментальний свердловинний прилад для дослідження магнітного поля містить три магнітометри і три акселерометри.

4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, який відрізняється тим, що стадія визначення теоретичних похибок вимірювання згаданих параметрів включає визначення теоретичних похибок вимірювання групи датчиків, до якої належить вибраний датчик.

5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який відрізняється тим, що згадані теоретичні похибки вимірювання базуються принаймні на одній з похибок датчика і похибці параметра поля землі.

6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, який відрізняється тим, що додатково включає відбракування вимірювань у разі, якщо згадане співвідношення перевищує число 1.

7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-6, який відрізняється тим, що згаданий позиційний параметр вибирається з

таких параметрів, як нахил ствола свердловини та азимут ствола свердловини.

8. Спосіб за п.7, який відрізняється тим, що в першому режимі експлуатації позиційний параметр являє собою нахил ствола свердловини, параметр поля землі являє собою гравітаційне поле землі, і теоретичні похибки позиційного параметра та параметра поля землі базуються на похибці датчика.

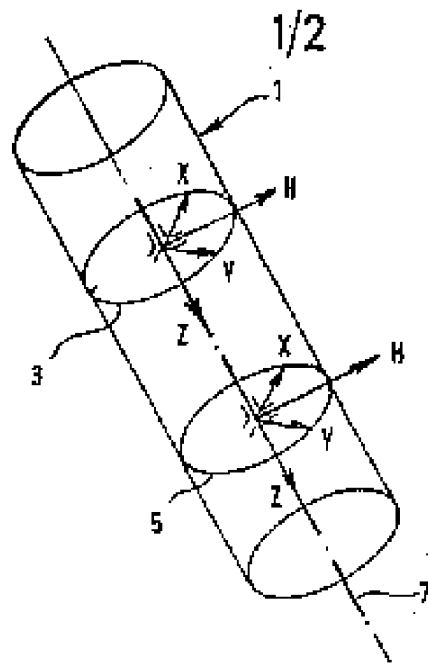
9. Спосіб за п.7 або 8, який відрізняється тим, що в другому режимі експлуатації позиційний параметр являє собою азимут ствола свердловини, параметр поля землі являє собою напруженість магнітного поля землі, і теоретичні похибки позиційного параметра та параметра поля землі базуються на похибці датчика.

10. Спосіб за будь-яким з пп. 7-9, який відрізняється тим, що в третьому режимі експлуатації позиційний параметр являє собою азимут ствола свердловини, параметр поля землі являє собою напруженість магнітного поля землі, і теоретичні похибки позиційного параметра та параметра поля землі базуються на похибці магнітного поля землі.

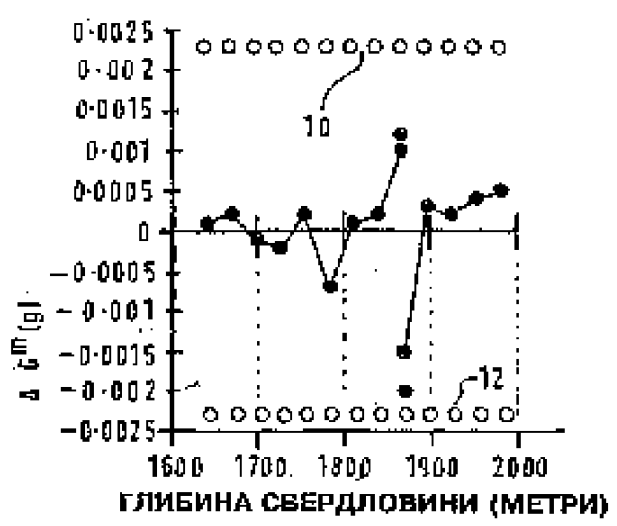
11. Спосіб за будь-яким з пп. 7-10, який відрізняється тим, що в четвертому режимі експлуатації позиційний параметр являє собою азимут ствола свердловини, параметр поля землі являє собою кут нахилання магнітного поля землі, і теоретичні похибки позиційного параметра та параметра поля землі базуються на похибці датчика.

12. Спосіб за будь-яким з пп. 7-11, який відрізняється тим, що в п'ятому режимі експлуатації позиційний параметр являє собою азимут ствола свердловини, параметр поля землі являє собою кут нахилання магнітного поля землі, і теоретичні похибки позиційного параметра та параметра поля землі базуються на похибці параметра поля землі.

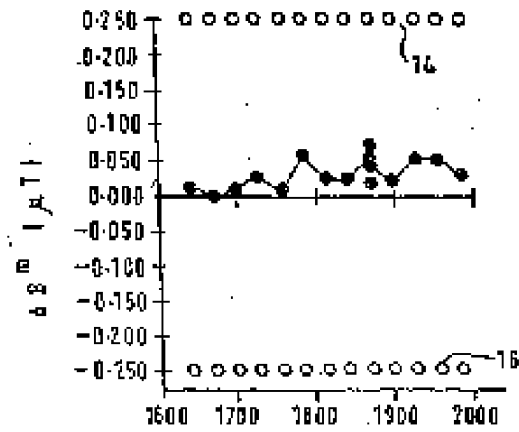
13. Спосіб за будь-яким з пп. 9-12, який відрізняється тим, що стадія визначення похибки вимірювання позиційного параметра включає визначення максимальної абсолютної величини похибки виміряних позиційних параметрів, визначених в другому, третьому, четвертому і п'ятому режимах експлуатації свердловинного приладу.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.