



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41912 (13) C2

(51) 7 E21B47/022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ БУРОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

(21) 95083783

(22) 12 01 1994

(24) 15 10 2001

(31) 93200082 1

(32) 13 01 1993

(33) EP

(86) PCT/EP94/00094, 12 01 1994

(46) 15 10 2001, Бюл. № 9, 2001 р.

(72) Ніхолсон Джеймс, NL

(73) ШЕЛЛ ІНТЕРНАЦІОНАЛЕ РІСЕРЧ МААТ-ШАППІДЖ БІ ВІ, NL

(57) 1 Способ определения направления буровой скважины в процессе ее бурения с помощью трехкоординатного гравимагнетометрического узла, установленного в рабочем буровом шнуре, состоящий из этапов

- измерения компонент g_x , g_y , g_z известного локального вектора \vec{g} ускорения свободного падения для определения угла склонения Θ и угла возвышения φ , и

- измерения компонент B_x , B_y , B_z полного магнитного поля \vec{B} для определения азимутального угла ψ ,

где x , y и z - индексы компонент векторов в декартовой системе координат XYZ, привязанной к упомянутому узлу в процессе бурения, ψ , Θ и φ - углы вращения декартовых систем координат XYZ и NEV относительно друг друга, где N - направление на северный магнитный полюс, V - вертикальное направление по вектору \vec{g} и E - направление на восток, где \vec{g} и \vec{B} измеряются по меньшей мере на двух глубинах l_i и l_{i+1} скважины таким образом, что $\varphi_i \neq \varphi_{i+1}$, а ψ_i и ψ_{i+1} рассчитываются по уравнениям

$$\begin{aligned} \vec{B}_i &= [\varphi_i]^T [\Theta_i]^T \{\psi_i\}^T \vec{B}_e \} + \vec{B}_p \\ \sin^2 \psi_i + \cos^2 \psi_i &= \sin^2 \psi_{i+1} + \cos^2 \psi_{i+1} \end{aligned}$$

или по одному из эквивалентных уравнений, где $i = 1, 2, 3$, \vec{B}_e - локальное магнитное поле Зем-

ли, \vec{B}_p - магнитное возмущающее поле \vec{B}_e и $[\]^T$ - транспозиционная матрица преобразования координат из системы NEV в систему XYZ с углами Эйлера ψ , Θ и φ

2 Способ по п. 1, содержащий также этапы

- проверки того, что $\sin^2 \psi_i + \cos^2 \psi_i = 1$,

- измерения векторов \vec{g} и \vec{B} по меньшей мере еще на одной глубине скважины l_{i+2} , если $\sin^2 \psi_i + \cos^2 \psi_i \neq 1$ при $\varphi_i \neq \varphi_{i+1} \neq \varphi_{i+2}$,

- вычисления ψ_{i+2} ,

- проведения следующего этапа проверки

3 Способ определения направления буровой скважины в процессе ее бурения с помощью трехкоординатного гравимагнетометрического узла, установленного в рабочем буровом шнуре, состоящий из этапов

- измерения компонент g_x , g_y , g_z известного локального вектора \vec{g} ускорения свободного падения для определения угла склонения Θ и угла возвышения φ , и

- измерения компонент B_x , B_y , B_z полного магнитного поля \vec{B} для определения азимутального угла ψ ,

где x , y и z - индексы компонент векторов в декартовой системе координат XYZ, привязанной к указанному узлу в процессе бурения, ψ , Θ и φ - углы вращения декартовых систем координат XYZ и NEV относительно друг друга, где N - направление на северный магнитный полюс, V - вертикальное направление по вектору \vec{g} и E - направление на восток, где векторы \vec{g} и \vec{B} измеряются по меньшей мере на трех глубинах скважины l_i , l_{i+1} и l_{i+2} таким образом, что $\varphi_i \neq \varphi_{i+1} \neq \varphi_{i+2}$, а углы ψ_i , ψ_{i+1} и ψ_{i+2} вычисляются по уравнению

$$\vec{B}_i = [\varphi_i]^T [\Theta_i]^T \{\psi_i\}^T \vec{B}_e \} + \vec{B}_p$$

где $i = 1, 2, 3$, \bar{B}_e - локальное магнитное поле Земли, \bar{B}_p - магнитное возмущающее поле \bar{B}_e и $[T]$ - транспозиционные матрицы преобразования координат из системы NEV в систему XYZ с углами Эйлера ψ , Θ и ϕ

4 Способ по п. 3, содержащий также этапы
- проверки равенства $\sin^2 \psi_i + \cos^2 \psi_i = 1$ или одного из эквивалентных ему равенств по меньшей мере в одной точке i ,

- измерения векторов \bar{g} и \bar{B} по меньшей мере еще на одной глубине l_{i+3} , если $\sin^2 \psi_i + \cos^2 \psi_i \neq 1$ при $\phi_i \neq \phi_{i+1} \neq \phi_{i+2} \neq \phi_{i+3}$,

- вычисления ψ_{i+3} , и

- проведения следующего этапа проверки

5 Способ по одному из пп. 1-4, где определяется возмущающее магнитное поле \bar{B}_p

Изобретение относится к способам определения направления буровых скважин в процессе их бурения

В частности, изобретение относится к способу определения направления буровых скважин с помощью трехкоординатного гравимагнетометрического узла, устанавливаемого в буровом шнуре, состоящему из этапов

- измерения составляющих g_x , g_y , g_z

известного локального вектора \bar{g} ускорения свободного падения для определения угла склонения Θ и угла возвышения ϕ , и

- измерения компонент B_x , B_y и B_z полного магнитного поля \bar{B} для определения азимутального угла Ψ ,

где x , y и z - индексы компонент векторов в декартовой системе координат XYZ, привязанной к вышеупомянутому узлу в процессе бурения, и Ψ , Θ и ϕ - углы вращения относительно друг друга декартовых систем координат XYZ и NEV, где N - направление на северный магнитный полюс, V - направление по вертикали \bar{g} и E - направление на восток

Аналогичный способ известен из патента США № 4163324. В этом патенте показана возможность применения бурового шнура, содержащего буровую головку, закрепленную на одной стороне немагнитным буровым поясом, а на другой - набором буровых поясов из магнитного материала. Этот набор, в свою очередь, закреплен на обсадной трубе. Немагнитный пояс содержит измерительный прибор, например трехкоординатный гравимагнетометрический узел. При измерении полного магнитного поля \bar{B} учитывается в дополнение к магнитному полю \bar{B}_e Земли возмущающее магнитное поле \bar{B}_p , источником которого могут быть, например, вышеупомянутые буровая головка, набор буровых поясов и т.п. В указанном патенте предполагается, что магнитное влияние бурового шнура в достаточной мере учитывается только вектором \bar{B}_p вдоль оси Z скважины, то есть вектором B_{pz} . Это допущение позволяет рассчитывать на первом этапе нескорректированный азимутальный угол, а на следующем этапе применить метод итерации для определения коррекции

по меньшей мере первого порядка. Однако, на практике во многих случаях предположение наличия только вектора \bar{B}_{pz} и его аппроксимация являются далеко недостаточными

Например, хорошо известно, что при бурении немагнитный пояс может намагничиваться в так называемых "горячих пятнах", содержащих векторы возмущающего магнитного поля непредсказуемых направлений

В патенте США № 4682421 предлагается способ определения точного азимутального угла путем расчета возмущающего магнитного поля \bar{M} в месте нахождения измерительного прибора

Этот способ состоит из двух этапов. На первом из них, следующим за определением вектора \bar{g} ускорения свободного падения и измерением полного магнитного поля \bar{B}_m , равного сумме $(\bar{B}_e + \bar{M})$, определяется двухкоординатная компонента \bar{M}_{xy} вектора \bar{M} . При этом на первом этапе необходимо производить не менее трех измерений по осям X и Y, в то время как \bar{M}_{xy} определяется графически из окружности, построенной по результатам этих измерений. Следовательно, такие измерения должны осуществляться при вращении бурового шнура в одном месте по оси скважины, то есть по оси Z в системе координат, в которой эти измерения проводятся. Специалистам понятно, что для выполнения таких измерений процесс бурения скважины приходится задерживать

На втором этапе данного способа производится геометрическое определение вектора \bar{M}_z . Однако, поскольку применение правила косинуса (как показано на рис. 3 данного патента) в целях сведения к минимуму ошибки математически ограничивается плоскостью, содержащей все относящиеся к данному расчету параметры, в том числе Θ и Θ_0 , этот способ может рассматриваться только как приблизительный. Следовательно, возможные ошибки в определении \bar{M}_z и ψ зависят здесь от ошибок в параметрах, уже использованных в вышеупомянутом правиле косинуса

Таким образом, целью настоящего изобретения является решение проблемы вращения бур-

рового шнура всякий раз, когда производится определение направления скважины

Другой целью настоящего изобретения является способ, позволяющий определять азимутальные углы, получаемые прямым расчетом

Перед настоящим изобретением стоит также цель предложить способ определения величин параметров, рассчитанных независимо друг от друга, избегая тем самым распространения ошибок в вычислениях

Таким образом, из вышеизложенного видно, что данный способ усовершенствован в том, что векторы \vec{g} и \vec{B} измеряются по меньшей мере на двух глубинах l_i и l_{i+1} скважины так, что $\varphi_i = \varphi_{i+1}$, при которых Ψ_i и Ψ_{i+1} рассчитываются из уравнений

$$\vec{B}_i = [\varphi_i]^T [\Theta_i]^T \{\Psi_i\}^T \vec{B}_e + \vec{B}_p$$

$$\sin^2 \Psi_i + \cos^2 \Psi_i = \sin^2 \Psi_{i+1} + \cos^2 \Psi_{i+1}$$

либо одного из их эквивалентов, где $i = 1, 2, \dots, \vec{B}_e$ – локальное магнитное поле Земли, \vec{B}_p – возмущающее магнитное поле, и $[\]^T$ – так называемые "транспозиционные" матрицы преобразования координат из системы NEV в систему XYZ с углами Эйлера φ , Θ и Ψ

В другом варианте осуществления изобретения векторы \vec{g} и \vec{B} измеряются по меньшей мере в трех точках l_i , l_{i+1} и l_{i+2} по длине скважины так, что $\varphi_i \neq \varphi_{i+1} \neq \varphi_{i+2}$, в которых Ψ_i , Ψ_{i+1} и Ψ_{i+2} рассчитываются по уравнению

$$\vec{B}_i = [\varphi_i]^T [\Theta_i]^T \{\Psi_i\}^T \vec{B}_e + \vec{B}_p$$

где $i = 1, 2, 3$,

В предпочтительном варианте осуществления изобретения предусмотрен этап контроля вычисляемых азимутальных углов с использованием уравнения $(\sin^2 \Psi + \cos^2 \Psi) = 1$ для каждого Ψ

Таким образом, в соответствии с вышеизложенным настоящее изобретение имеет то преимущество, что параметры скважины измеряются в процессе ее бурения непрерывно и при этом производится как определение направления скважины, так и контроль самих измеряемых величин. Благодаря этому возникают в процессе измерений различного рода аномалии, обусловленные, например, непредвиденными условиями геологических формаций или отказами аппаратуры, отслеживаются практически мгновенно и с высокой достоверностью

В одном из вариантов осуществления изобретения определяется возмущающее поле \vec{B}_p . Используемый при этом метод прямого расчета \vec{B}_p удобен тем, что он позволяет избежать процедур аппроксимации, таких как итерационные и графические методы

Ниже дано подробное описание изобретения с пояснением на прилагаемых иллюстрациях, где

– на фиг. 1 схематически показано типовое устройство гравимагнетометрического узла в сква-

жине, служащего для измерения векторов \vec{g} и \vec{B} в одной и той же системе декартовых координат,

– на фиг. 2А и В показана базовая система координат NEV Земли и привязанная к буру и измерительному узлу система координат XYZ,

– на фиг. 3 иллюстрированы общеизвестные принципы пространственной ориентации буровой скважины и системы координат, связанных друг с другом преобразованием через угловые координаты Эйлера,

– на фиг. 4 схематически показан предлагаемый способ измерения в процессе бурения скважины

Рассмотрим фиг. 1, где схематически показан измерительный прибор, устанавливаемый в скважине. Этот прибор включает в себя хорошо известный гравимагнетометрический узел, используемый в измерениях компонент g_x , g_y ,

g_z вектора свободного падения и компонент B_x , B_y и B_z вектора магнитного поля. Прибор устанавливается таким образом, чтобы его ось Z была направлена вдоль оси Z скважины. Аналогично этому, взаимно ориентированы в пространстве также оси X и Y гравиметрической и магнетометрической частей прибора

На фиг. 2А и 2В схематически показаны системы координат в процессе измерений. На фиг. 2А показана базовая система координат NEV Земли, где N – направление на северный магнитный полюс в данной точке, V – направление по вертикали, то есть по вектору свободного падения в данной точке, E – направление на восток, перпендикулярное плоскости, в которой лежат векторы N и V. На фиг. 2В показана декартова система координат XYZ, в которой ось Z направлена вдоль оси скважины

На фиг. 3 (имеющейся также, например, в патенте США № 4163324) обе системы координат NEV и XYZ показаны по отношению к скважине 1. Как отсюда видно, последовательность трех поворотов, то есть

$$NEV \xrightarrow{\Psi} N_1 E_1 V \xrightarrow{\Theta} N_2 E_1 Z \xrightarrow{\varphi} XYZ$$

связывает векторы в каждой системе координат, то есть так называемые углы Эйлера: азимутальный угол ψ , угол склонения θ и угол возвышения φ . Эти повороты представляют собой обычные преобразования координат, выражаемые матрицами, имеющими для векторов P_{XYZ} и P_{NEV} следующий вид

$$P_{NEV} = [\Psi] [\Theta] [\varphi] P_{XYZ} \text{ или эквивалентное ему}$$

$$P_{XYZ} = [\varphi]^T [\Theta]^T [\Psi]^T P_{NEV},$$

где

$$[\psi] = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[\Theta] = \begin{bmatrix} \cos \Theta & 0 & \sin \Theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \Theta & 0 & \cos \Theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$[\Phi] = \begin{bmatrix} \cos \Phi & -\sin \Phi & 0 \\ \sin \Phi & \cos \Phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

а $[\Psi]^T$, $[\Theta]^T$ и $[\Phi]^T$ — соответствующие транспозиционные матрицы. Аналогично рассмотренному для пары векторов $P_{XYZ}-P_{NEV}$, то же самое может быть применено также к вектору \vec{g} свободного падения с координатами $(0, 0, g_x)$ и к вектору \vec{B} с координатами $(B_N, 0, B_V)$ в системе NEV.

Таким образом,

$$\begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix} = [\Phi]^T [\Theta]^T [\Psi]^T \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} = [\Phi]^T [\Theta]^T [\Psi]^T \begin{bmatrix} B_N \\ 0 \\ B_V \end{bmatrix} \quad (5)$$

Как указывается, например, в вышеупомянутом патенте США № 4163324, в частном случае вектора свободного падения угол склонения Θ и угол возвышения Φ могут в каждой точке измерений легко определяться.

На фиг. 4 схематически показан способ определения направления скважины в процессе ее бурения. Бурение скважины b производится от установки R на поверхности S земли. В целях наглядности на данном чертеже показана параллельная кривая l (прерывистая линия) глубины (длины, местонахождения) l_0, l_1 скважины, измеряемой вдоль ее оси (с точкой отсчета l_0 на поверхности S земли), на которой производится измерения векторов \vec{g} и \vec{B} . Здесь схематически показаны различные положения x, y, z измерительного прибора в скважине. Кроме того, здесь показано также возмущающее магнитное поле \vec{B}_p . При этом предполагается, что \vec{B}_p зависит от характеристик бурового шнура, что, в свою очередь, ведет к вращению и трансляции данного вектора в соответствии с вращением и трансляцией системы координат XYZ с измерительным прибором в буровом шнуре.

Из вышеизложенного видно, что на любой глубине или в любой точке l местонахождение ск-

важины полное магнитное поле \vec{B}_l может быть выражено как $\vec{B}_l = \vec{B}_e + \vec{B}_p$. Однако, для вычисления этой векторной суммы должна быть выбрана общая база или общая система координат. Как указывалось выше, обычно для этих целей используются системы координат XYZ и NEV.

Для определения направления скважины кроме углов Θ_1 и Φ_1 должны определяться также азимутальные углы Ψ_1 . Кроме того, вышеуказанная векторная сумма на любой глубине l_1 скважины при любой величине l может быть выражена следующим образом

$$\begin{bmatrix} B_{x1} \\ B_{y1} \\ B_{z1} \end{bmatrix} = [\varphi_1]^T [\Theta_1]^T \left\{ [\psi_1]^T \begin{bmatrix} B_N \\ 0 \\ B_V \end{bmatrix} \right\} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{py} \\ B_{pz} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Из этого уравнения видно, что B_{x1}, B_{y1} и B_{z1} известны, так как они измеряются, матрицы Φ и Θ известны, поскольку Φ и Θ определяются вышеуказанным способом, B_N и B_V известны из исходных геометрических данных. Таким образом, определить отсюда необходимо азимутальный угол Ψ и компоненты вектора возмущающего магнитного поля B_{px}, B_{py} и B_{pz} .

Согласно изобретению, компоненты векторов \vec{g} и \vec{B} измеряются по меньшей мере на двух глубинах скважины l_1 и l_{1+1} , записываемых как l_1 и l_2 . Затем приведенное выше уравнение (6) переписывается для этих двух измерений следующим образом

$$\begin{bmatrix} B_{x1} \\ B_{y1} \\ B_{z1} \end{bmatrix} = [\varphi_1]^T [\Theta_1]^T \begin{bmatrix} B_N \cos \psi_1 \\ B_N \sin \psi_1 \\ B_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{pz} \\ B_{py} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} B_{x2} \\ B_{y2} \\ B_{z2} \end{bmatrix} = [\varphi_2]^T [\Theta_2]^T \begin{bmatrix} B_N \cos \psi_2 \\ B_N \sin \psi_2 \\ B_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{py} \\ B_{pz} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Прямой расчет уравнений (7) и (8) показывает, что получаемые в результате 6 скалярных уравнений для каждого из векторных компонент x, y и z могут рассматриваться как содержащие 7 неизвестных параметров $\cos \Psi_1, \sin \Psi_1, \cos \Psi_2, \sin \Psi_2, B_{px}, B_{py}$ и B_{pz} .

Седьмым в эту систему включается уравнение

$$\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = \sin^2 \Psi_2 + \cos^2 \Psi_2,$$

служащее исключительно для определения Ψ_1 и Ψ_2 . Понятно, что могут быть использованы также эквивалентные ему уравнения $\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = 1$ или $\sin^2 \Psi_2 + \cos^2 \Psi_2 = 1$. С математической точки зрения вполне очевидно, что $\Phi_1 \neq \Phi_2$ и, таким образом, буровой шнур должен вращаться. Этот критерий по существу всегда удовлетворяется.

ся, поскольку буровой шнур всегда вращается между точками измерений в процессе бурения скважины. Таким образом, здесь с очевидной эффективностью используется происходящее в процессе бурения вращение бурового шнура, что позволяет осуществлять измерения без остановки бурения. После вычислений величин для вышеупомянутых 7 параметров определяются величины Ψ_i по уравнению

$$\psi_i = \arctan \left(\frac{\sin \psi_i}{\cos \psi_i} \right) \quad (9)$$

Аналогичным образом для трех точек измерений, например I_1 , I_2 и I_3 , составляются следующие уравнения, два из которых являются идентичными вышеприведенным уравнениям (7) и (8)

$$\begin{bmatrix} B_{x1} \\ B_{y1} \\ B_{z1} \end{bmatrix} = [\varphi_1]^T [\theta_1]^T \begin{bmatrix} B_N \cos \psi_1 \\ B_N \sin \psi_1 \\ B_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{py} \\ B_{pz} \end{bmatrix} \quad (7),$$

$$\begin{bmatrix} B_{x2} \\ B_{y2} \\ B_{z2} \end{bmatrix} = [\varphi_2]^T [\theta_2]^T \begin{bmatrix} B_N \cos \psi_2 \\ B_N \sin \psi_2 \\ B_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{py} \\ B_{pz} \end{bmatrix} \quad (8),$$

$$\begin{bmatrix} B_{x3} \\ B_{y3} \\ B_{z3} \end{bmatrix} = [\varphi_3]^T [\theta_3]^T \begin{bmatrix} B_N \cos \psi_3 \\ B_N \sin \psi_3 \\ B_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{px} \\ B_{py} \\ B_{pz} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Из 9 скалярных уравнений, получаемых преобразованием уравнений (7), (8) и (10), можно видеть аналогично вышерассмотренному, что данная система уравнений с 9 неизвестными параметрами является полной и не требует дополнительных уравнений для их определения. В данной системе уравнений переменные $\cos \Psi_1$, $\sin \Psi_1$, $\cos \Psi_2$, $\sin \Psi_2$, $\cos \Psi_3$, $\sin \Psi_3$, B_{px} , B_{py} , B_{pz} также могут считаться независимыми. Величины Ψ_i также определяются по приведенному выше уравнению (9).

Аналогично вышерассмотренному варианту с двумя измерениями, можно видеть, что $\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3$ и что новых специальных поворотов не требуется.

В следующем варианте осуществления изобретения включена процедура проверки.

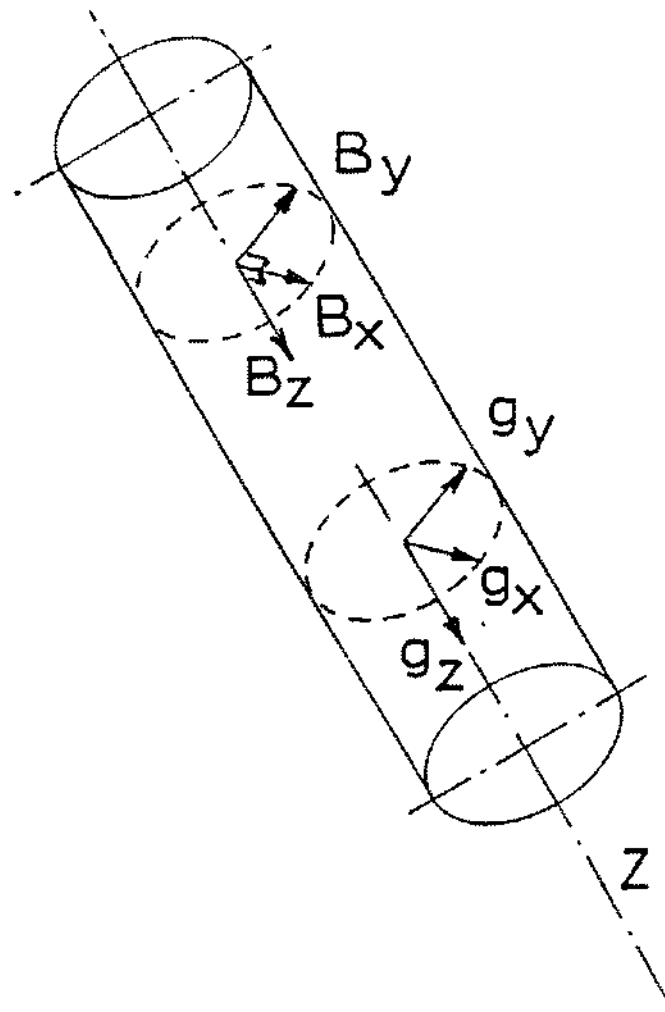
В том случае, если необходимо производить измерения в двух точках I_1 и I_2 , то для проверки используются уравнения $\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = \sin^2 \Psi_2 + \cos^2 \Psi_2$ либо $\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = 1$, $\sin^2 \Psi_2 + \cos^2 \Psi_2 = 1$. При возникновении значительных отклонений от 1, на следующей глубине скважины производятся новые измерения векторов \bar{B} и \bar{g} , и процедура проверки может быть повторена. При этом также для такой проверки не требуется дополнительных вращений. Вновь измерять понадобится только различные углы возвышения.

В том случае, если измерения проводятся в трех и более точках с использованием 9 уравнений для определения азимутальных углов Ψ_1 , Ψ_2 и Ψ_3 , то впервые применяются уравнения $\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = 1$ либо одно из его эквивалентных уравнений, то есть $\sin^2 \Psi_1 + \cos^2 \Psi_1 = \sin^2 \Psi_{i+1} + \cos^2 \Psi_{i+1}$. То же самое относится к применению вышеупомянутой процедуры проверки.

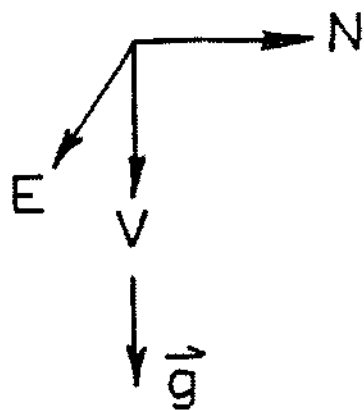
На следующем этапе с высокой точностью и достоверностью может быть определен вектор \bar{B}_p . В большинстве случаев вектор \bar{B}_p связан с характеристиками бурового шнура. Помимо определения \bar{B}_p могут быть отмечены также внезапные изменения этого вектора, обусловленные, например, выходом из строя режущего инструмента, магнитными бурями, внешними магнитными полями и т.п.

Как объяснялось выше, для той или иной процедуры определения векторов требуются серии из двух или трех измерений. Совершенно очевидно, что на практике обычно при глубинах скважин порядка нескольких километров производится множество серий измерений. По ним, без приложения особых усилий, быстро и достоверно могут определяться соответствующие направления скважин.

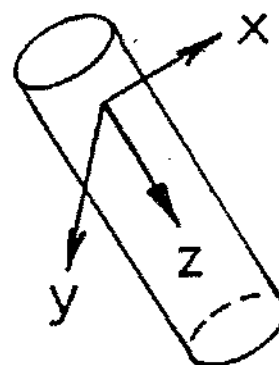
Вышеприведенное описание не исключает различных модификаций настоящего изобретения, не выходящих за рамки его сущности, определенные нижеприведенной формулой



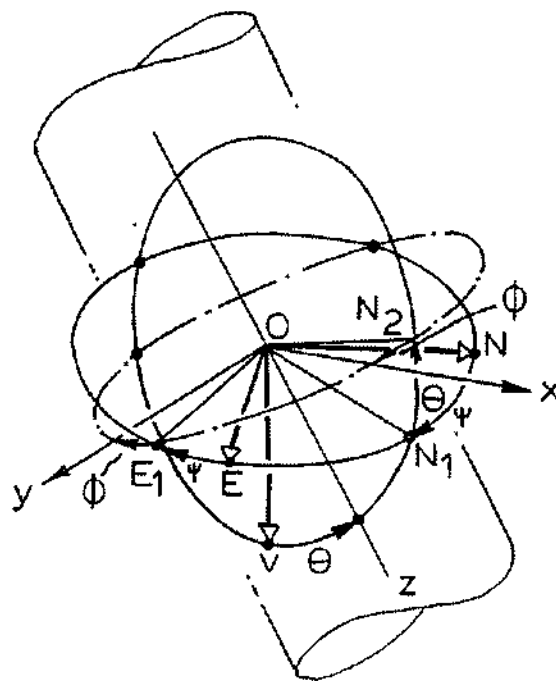
Фиг. 1



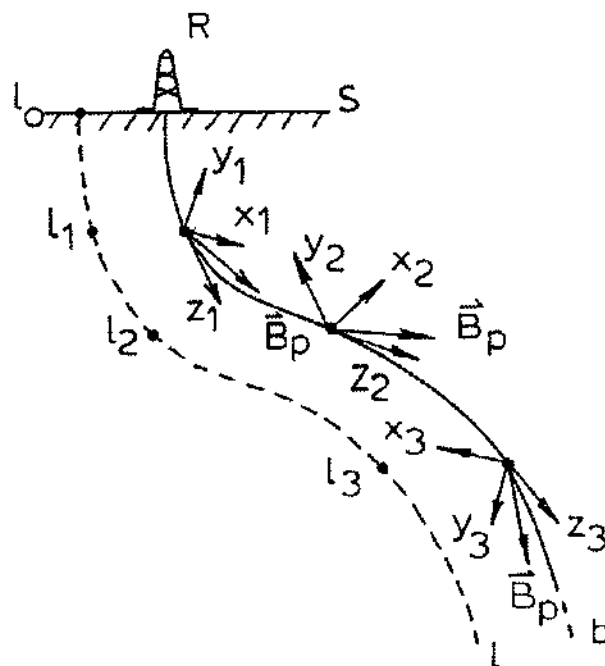
Фиг. 2А



Фиг. 2В



Фиг. 3



Фиг. 4

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»

Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101

(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03