Союз Советских Социалистических Республик

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 746094

(61) Дополнительное к авт. свид-ву № 604975

(22) Заявлено 27.12.76 (21) 2435801/22-03

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 07.07.80. Бюллетень № 25

Дата опубликования описания 17.07.80

(51) М. Кл.[2] E 21 B 47/02

(53) УДК 622.243.27(088.8)

(72) Авторы изобретения А. М. Мелик-Шахназаров и В. Г. Фролов

(71) Заявитель Московский ордена Трудового Красного Знамени институт нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЗАБОЯ

1

Изобретение относится к бурению нефтяных и газовых скважин, в частности к кустовому бурению.

По основному авт. св. № 604975 известно устройство контроля положения забоя, содержащее датчик азимутального угла, датчик угла наклона, датчик наклонной глубины, подключенные к выходам аналого-цифровых преобразователей, запоминающий блок, блок регистрации информации, блок пересчета координат и анализатор координат, причем входы блока пересчета координат подключены к выходам аналого-цифровых преобразователей, а выходы — к первым входам анализатора координат и к первым входам запоминающего блока, вторые входы которого соединены с первыми выходами анализатора координат, а выходы — со вторыми входами анализатора координат, выходы которого подключены к блоку регистрации информации.

Однако это устройство не позволяет определить координаты траектории с высокой точностью, так как в нем отсутствуют аппаратные средства для изменения параметров с оптимальным шагом дискретизации по траектории, позволяющие минимизировать

2

ошибки измерения координат. Кроме того, устройство не имеет средств для прогнозирования возможного пересечения, что важно для качественного управления траекторией скважины. Вместе с тем, в устройстве отсутствуют средства для сжатия информации.

Цель изобретения — повышение точности определения координат забоя и повышение надежности оперативного предупреждения пересечения стволов скважин за счет прогнозирования положения забоя.

Для достижения указанной цели устройство контроля положения забоя снабжено блоком вычисления шага дискретизации, блоком сравнения, блоком аппроксимации и блоком экстраполяции, причем первые входы запоминающего блока подключены к выходы блока аппроксимации, первые входы которого подключены к выходам блока вычисления шага дискретизации, а вторые входы блока аппроксимации подключены к выходам блока пересчета координат, выход которого подключен к первым входам блока вычисления шага дискретизации и первым входам блока экстраполяции, вторые входы которого подключены к выходам блока вычисления шага дискретизации, при этом

выходы блока экстраполяции подключены к первым входам анализатора координат и вторым входам блока вычисления шага дискретизации, выходы которого соединены с первыми входами блока сравнения, вторые входы которого подключены к выходам аналого-цифрового преобразователя наклонной глубины, а выходы — к блоку пересчета координат.

На фиг. 1 приведена функциональная схема устройства; на фиг. 2 — функциональная схема блока аппроксимации; на фиг. 3 — функциональная схема блока экстраполяции; на фиг. 4 — функциональная схема блока вычисления шага дискретизации.

Устройство контроля положения забоя содержит датчик 1 азимутального угла, датчик 2 угла наклона, датчик 3 наклонной глубины, аналого-цифровые преобразователи 4, блок 5 пересчета координат, запоминающий блок 6, анализатор 7 координат, блок 8 регистрации информации, блок 9 аппроксимации, блок 10 экстраполяции, блок 11 вычисления шага дискретизации, блок 12 сравнения. Блок 9 аппроксимации (фиг. 2) содержит блоки 13—16 регистров, блок 17 вычитания, блок-регистр 18, блок деления 19, блок регистров 20, блок вычитания 21, блок умножения 22, сумматор 23, блок сравнения 24, блок выдачи 25.

Блок экстраполяции 10 (фиг. 3) состоит из блока регистров 26 блока вычитания 27, блока умножения 28, сумматора 29, блока регистров 30, блока деления 31. Блок 11 (фиг. 4) имеет в своем составе блок вычитания 32, блок деления 33, блок 34 возведения в квадрат, блок умножения 35, сумматор 36, блок 37 извлечения квадратного корня 37, блок умножения 38, накапливающий сумматор 39.

Устройство работает следующим образом.

Перед запуском устройства, когда датчики находятся в устье скважины, производится сброс в нуль регистров и сумматоров блоков. В блоке вычисления шага дискретизации 11 при этом устанавливается наклонная глубина и расстояние до первого измерения.

Сигналы с датчиков 1—3 преобразуются с помощью аналого-цифровых преобразователей 4 из аналоговой в цифровую форму и принимаются в блок 5 лишь тогда, когда датчики опускаются до наклонной глубины, равной значению, вычисленному в блоке 11, так как блок 12 лишь в этом случае выдает разрешение на пересчет координат и величину шага дискретизации на вход блока 5.

В блоке 5 вычисляются значения координат по соотношениям:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta l_i \sin\beta_i \sin\alpha_i$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta l_i \sin\beta_i \cos\alpha_i$$

$$z_i = z_{i-1} + \Delta l_i \cos\beta_i,$$

где x_i, y_i, z_i — декартовы координаты i точки;

Δl_i — шаг дискретизации при i измерении;

β_i, α_i — угол наклона и азимут в i точке траектории.

Полученные значения координаты поступают в блок 10, где по данному измерению и по предыдущему вычисляются экстраполированные значения $x_э$, $y_э$, $z_э$, причем на первые входы блока 10 поступают значения координат, а на вторые — шага дискретизации из блока 11.

Работа блока 10 может быть основана на принципе линейной экстраполяции по двум последним точкам измерений. При этом экстраполированное значение координаты может быть вычислено для каждой координаты как:

$$U_э = U_i + (U_i - U_{i-1}) \frac{\Delta l_э}{\Delta l_i},$$

где $U_э$ — экстраполированная координата;

U_i — значение координаты в последней точке измерений;

U_{i-1} — значение координаты в предыдущей точке измерения;

$\Delta l_э$ — заданный интервал экстраполяции по траектории скважины;

Δl_i — расстояние от последней до предыдущей точек измерений по траектории скважины.

В исходном состоянии блок регистров 26 сброшен, т.е. значения хранимых в нем координат равны нулю, затем в этом блоке регистров хранятся координаты предыдущих точек. При поступлении координат первой точки в блок вычитания 27 последовательно вычисляется разность координат, которые подаются на вход блока умножения 28, на другой вход которого поступает частное от деления заданного интервала экстраполяции на последний шаг дискретизации, выработанное в блоке деления 31. Каждое произведение с выхода блока умножения 28 подается на сумматор 29, на другой вход которого поступает соответствующая координата. Полученные значения экстраполированных координат фиксируются в блоке регистров 30.

Экстраполированное значение координат траектории и координаты точки измерений передаются на второй и первый входы блока 11 вычисления шага дискретизации соответственно, где по этим величинам вычисляется наклонная глубина и расстояние до следующей точки измерения.

В блоке 11 (фиг. 4) определяются величины оптимального расстояния на траектории до следующего измерения и наклонная глубина следующего измерения.

Вычисление шага дискретизации производится по соотношению (вывод этого соотношения приведен в приложении):

$$\Delta l_{опт} = \sigma_l \sqrt{\sigma_\beta^2 + \sigma_\alpha^2 \cdot \sin^2\beta_i},$$

где $\sigma_\ell, \sigma_\beta, \sigma_\alpha$ — среднеквадратические погрешности измерения наклонной глубины, угла наклона, азимута соответственно.

Величина $\sin^2\beta_i$ определяется как:

$$\sin^2\beta_i = \frac{(z_э - z_i)^2}{\Delta\ell_э^2},$$

где $z_э$, z_i — экстраполированное и текущее значение координаты Z;

$\Delta\ell_э$ — интервал экстраполяции.

В блоке вычитания 32 определяется разность $z_э$ и z_i, которая в блоке деления 33 делится на величину $\Delta\ell_э$. Полученное частное возводится в квадрат в блоке 34 возведения в квадрат. Полученная величина умножается в блоке умножения 35 на σ_α^2 наращивается на σ_β^2 в сумматоре 36. Затем из этой величины, поступающей на вход блока извлечения корня 37 извлекается квадратный корень, который умножается в блоке умножения 38 σ_ℓ. Полученная величина является оптимальным шагом дискретизации до следующего измерения и подается на выход устройства, а также на накапливающий сумматор 39, где как сумма шагов дискретизации накапливается наклонная глубина следующего измерения, т.е.

$$\ell_{i+1} = \ell_i + \Delta\ell_{опт\,i+1},$$

которая поступает на выход устройства.

Так как траектория наклонно-направленной скважины является сравнительно гладкой кривой, то для сжатия данных может быть применена аппроксимация; при этом координаты каждой вычисленной точки поступают в блок аппроксимации 9, на его второй вход. На его первый вход из блока вычисления шага дискретизации выдается величина шага дискретизации $\Delta\ell_i$. Блок аппроксимации 9 осуществляет кусочно-линейную аппроксимацию траектории и работает следующим образом.

При поступлении на вход блока первой координат первой точки траектории их значения вместе с наклонной глубиной точки заносятся в блок регистров 16 через блоки регистров 13 и 14, и, кроме того, координаты точки передаются через блок выдачи 25 на выход устройства. При поступлении координат второй точки значения координат вместе с величиной наклонной глубины с выхода блока 11 записываются в блоки 15 и 16. Эти значения подаются на вход блока вычитания 17, откуда разность глубин заносится в регистр 18. Затем в блок вычитания 17 поступают попарно значения координат с блоков регистров 15 и 16, разность которых делится в блоке деления 19 на разность глубин из регистра 18. Полученные частные заносятся в блок регистров 20. При поступлении координат и наклонной глубины третьей точки содержимое блока регистров 13 переписывается в блок регистров 14, а в блок регистров 13 заносятся значения координат и наклонной глубины третьей точки.

Значение координат с выходом блока регистров 13 и блока регистров 15 подаются попарно на входы блока вычитания 21, с выхода которого полученные разности принимаются на вход блока умножения 22, где каждая разность координат умножается на соответствующее частное из блока регистров 20, где он наращивается на величину соответствующей координаты из блока регистров 15. На выходе сумматора 23 получаются экстраполированные значения координат, которые в блоке сравнения 24 сравниваются с соответствующими координатами из блока регистров 13. Если все координаты различаются на величину, меньшую установленной погрешности аппроксимации, то выдачи координат через блок выдачи не производится, содержимое блока регистров 13 переписывается в блок регистров 14, а в блок регистров 13 заносятся координаты следующей точки траектории и ее наклонная глубина. Для этой точки вновь вычисляется экстраполированное значение координат с помощью блока вычитания 21, блока умножения 22, сумматора 23 и вновь производится сравнение посредством блока сравнения 24.

Если же хотя бы одна пара координат, поступившая в блок сравнения 24, различается на величину, большую погрешности аппроксимации Δ, то сигнал с выхода блока сравнения 24 подается на блок выдачи 25, разрешая прохождение координат предыдущей из поданных на вход устройства точек из блока регистров 14 на выход блока аппроксимации. После этого содержимое блоков регистров 13 и 14 переписывается соответственно в блоки регистров 15 и 16 и вновь посредством блока вычитания 17, регистра 18, блока деления 19 производится вычисление частных и занесение их в блок регистров 20.

При поступлении координат следующих точек вновь осуществляется проверка ранее описанным методом.

Таким образом, из блока аппроксимации выдаются в запоминающий блок 6 только координаты концов аппроксимирующих отрезков, а проверка координат точек осуществляется, по условию (например, для координаты X):

$$|x_{экс} - x_i| \leqslant \Delta$$

где $x_{экс} = x_j + (\ell_i - \ell_j)\dfrac{x_j - x_{j-1}}{\ell_j - \ell_{j-1}}$;

Δ — заданная погрешность аппроксимации, причем x_{j-1}, x_j — координаты исходного отрезка, хранимые в регистрах 15 и 16, с продолжением

которого производится сравнение текущей координаты x_i;

$\ell_i, \ell_j, \ell_{j-1}$ — наклонная глубина $i, j, j-1$ — точки траектории.

Полученные координаты поступают для запоминания на первый вход запоминающего блока 6.

Текущее и экстраполированное значение координат подается с выхода блока экстраполяции 10 на первый вход анализатора координат 7. При поступлении этих координат анализатор координат 7 вырабатывает адреса, которые подаются на второй вход запоминающего блока 6. При этом адресом из запоминающего блока 6 выбираются числовые значения координат точек ранее пробуренных скважин, которые принимаются на второй вход анализатора координат 7. В процессе перебора координат точек траекторий ранее пробуренных скважин вычисляются расстояния до текущей и экстраполированной точки траектории. При этом в каждой траектории скважины находится точка наиболее близкая к текущей, и точка ближайшая к экстраполированной. Значения координат обеих точек каждой траектори ранее пробуренной скважины, а также величины расстояний до текущей и экстраполированной точки соответственно передаются со вторых выходов анализатора координат на входы блока регистрации информации 8, выполненного на электроннолучевой трубке.

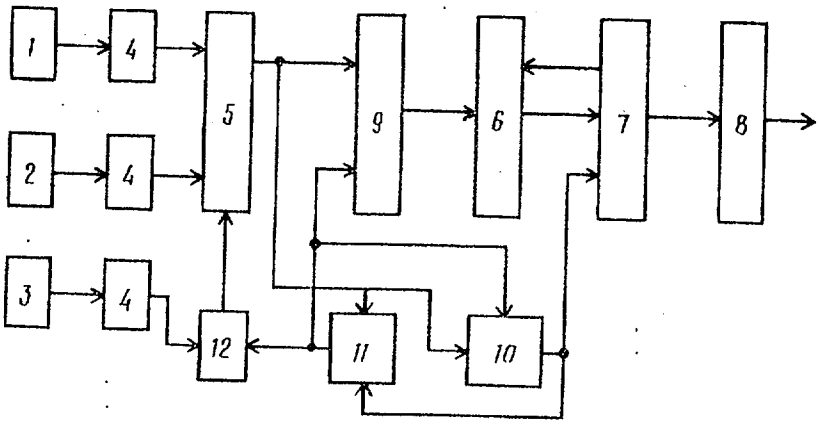
На экране блока 8 регистрации информации в масштабе экрана отображаются текущая точка траектории буримой скважины и наиболее близкие к ней точки стволов ранее пробуренных скважин, а также числовые значения координат текущей точки и расстояний между текущей точкой и наиболее близкими точками траекторий, либо отображается экстраполированная траектория буримой скважины и наиболее близкие к ней точки стволов ранее пробуренных скважин, а также числовые значения координат экстраполированной точки и расстояний между текущей точкой и наиболее близких к ней точек стволов ранее пробуренных скважин.

По изображению, сформированному на экране блока 8 регистрации информации, оператор имеет возможность оперативно определить положение текущей точки траектории буримой скважины и ранее пробуренных скважин, а также положение прогнозируемой точки траектории относительно ранее пробуренных скважин, что позволяет в случае необходимости принять меры для предотвращения аварийной ситуации.

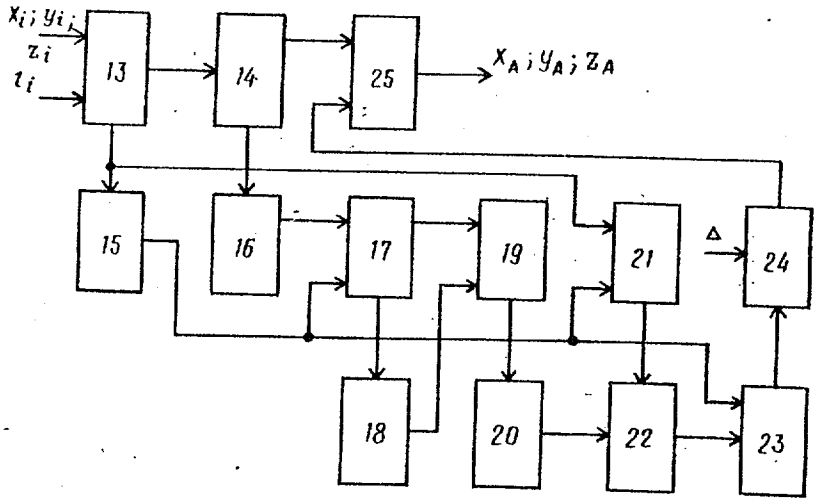
Применение предложенного устройства позволяет повысить точность определения координат забоя, повысить надежность оперативного предупреждения пересечения стволов скважин.

Формула изобретения

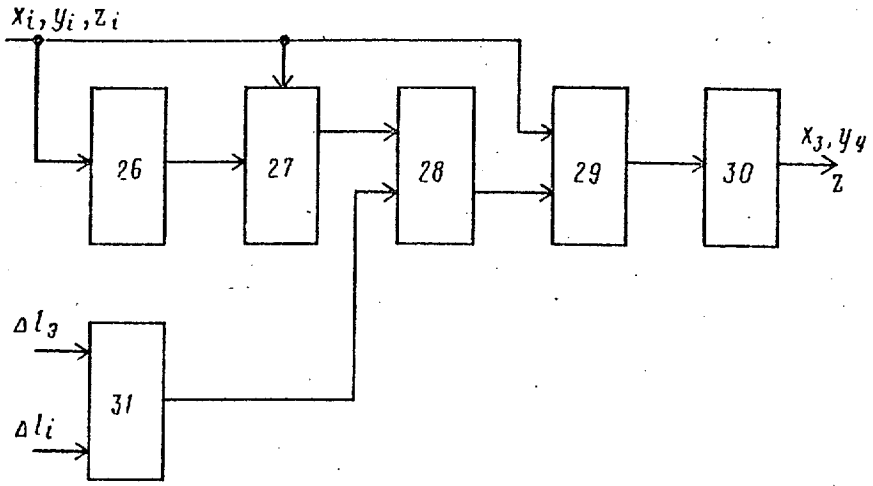
Устройство для контроля положения забоя по авт. св. № 604975, *отличающееся* тем, что, с целью повышения точности определения координат забоя и повышения надежности оперативного предупреждения пересечения стволов скважин за счет прогнозирования положения забоя, оно снабжено блоком вычисления шага дискретизации, блоком сравнения, блоком аппроксимации и блоком экстраполяции, причем первые входы запоминающего блока подключены к выходу блока аппроксимации, первые входы которого подключены к выходам блока вычисления шага дискретизации, а вторые входы блока аппроксимации подключены к выходам блока пересчета координат, выход которого подключен к первым входам блока вычисления шага дискретизации и первым входам блока экстраполяции, вторые входы которого подключены к выходам блока вычисления шага дискретизации, при этом выходы блока экстраполяции подключены к первым входам анализатора координат и вторым входам блока вычисления шага дискретизации, выходы которого соединены с первыми входами блока сравнения, вторые входы которого подключены к выходам аналого-цифрового преобразователя наклонной глубины, а выходы — к блоку пересчета координат.


1
4
5
9
6
7
8
2
4
3
4
12
11
10

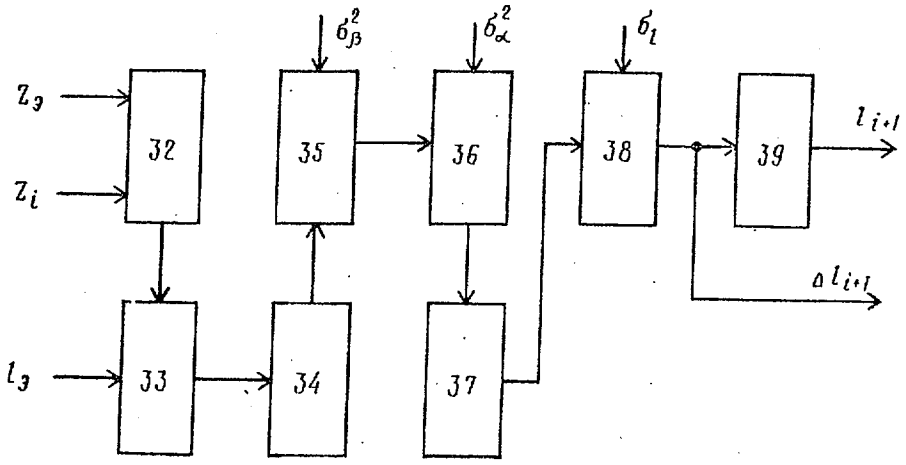
Фиг. 1


$x_i; y_i;$
z_i
t_i
13
14
25
$x_A; y_A; z_A$
15
16
17
19
21
Δ
24
18
20
22
23

Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Составитель М. Чижикова
Редактор С. Титова Техред К. Шуфрич Корректор В. Синицкая
Заказ 3913/23 Тираж 626 Подписное
ЦНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж--35, Раушская наб., д. 4/5
Филиал ППП «Патент», г. Ужгород, ул. Проектная, 4