



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

№ SU 1285149 A1

(51)4 E 21 C 35/24

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3866624/23-03

(22) 15.03.85

(46) 23.01.87. Бюл. № 3

(71) Научно-производственное объединение по созданию и выпуску средств автоматизации горных машин

(72) С.Е. Шумалинский, В.В. Синенко и А.В. Злодеев

(53) 622.232.72(088,8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 571605, кл. E 21 C 35/24, 1974.

Германов В.Е. и др. Стреловые проходческие комбайны, М.: Наука, 1978, с.104 - 139.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ГОРНОПРОХОДСКОГО КОМБАЙНА

(57) Изобретение относится к горной промышленности и позволяет с высокой точностью управлять стреловым исполнительным органом (ИО) комбайна. Путем управления перемещения-

ми ИО с переносного пульта блока дистанционного управления выполняется "образцовый цикл" обработки забоя. В течение этого цикла в программное устройство записываются величины направления и последовательности перемещений ИО. В соответствии с записанной программой при последующих циклах обработки забоя управляют перемещениями ИО. Относительно пройденной выработки непрерывно измеряют текущее значение смещения корпуса комбайна. В зависимости от отклонения его от заданного корректируют программу перемещений ИО как в процессе записи, так и при ее воспроизведении. Способ позволяет обрабатывать забой в выработках с высокой запыленностью и опасных по внезапным выбросам без постоянного присутствия человека. 3 ил.

№ SU 1285149 A1

РПФ-1

Изобретение относится к горной промышленности, а именно к способам обеспечения направленного движения горнопроходческого комбайна со стреловым исполнительным органом при про-

ведении горных выработок шахт и рудников.

Целью изобретения является повышение точности управления.

На фиг.1 изображена схема, иллюстрирующая пересчет величины смещения комбайна на коронку исполнительного органа; на фиг.2 - размещение датчиков на корпусе комбайна; на фиг.3 - блок-схема устройства, являющегося примером конкретной реализации способа.

На фиг.1 приняты следующие условные обозначения:  $l_6$  - расстояние между точками измерения (расстояние между датчиками смещения комбайна);  $l_p$  - длина стрелы исполнительного органа;  $\alpha$  - угол поворота стрелы относительно продольной оси комбайна;  $\beta$  - угол поворота оси комбайна относительно продольной оси выработки;  $m$  - точка на режущей коронке, для которой определяется смещение;  $m_1$  - местонахождение датчика 1 смещения;  $m_2$  - местонахождение датчика 2 смещения;  $a_1$  - величина смещения корпуса комбайна относительно стенки выработки, измеренная датчиком 1;  $a_2$  - величина смещения корпуса комбайна относительно стенки выработки, измеренная датчиком 2.

Представим комбайн и соединенный с ним исполнительный орган в виде прямой линии.

В соответствии с принятыми обозначениями на фиг.1 уравнение прямой, проходящей через две точки, будет иметь вид:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Отсюда:

$$y = \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} + y_1$$

Так как  $x_1 = 0$ ,  $y_1 = a_1$ ,  $y_2 = a_2$ , то:

$$y = \frac{x}{x_2} (a_2 - a_1) + a_1 \quad (2)$$

Если исполнительный орган повернут на угол  $\alpha$  относительно продольной оси комбайна, а тот, в свою очередь, повернут на угол  $\beta$  относительно продольной оси выработки, то:

$$x_m = l_p \cos(\alpha + \beta) + l_6 \cos \beta;$$

$$x_2 = l_6 \cos \beta.$$

Подставив значения  $x_m$  и  $x_2$  в выражения (2), получим:

$$y_m = \frac{l_p \cos(\alpha + \beta) + l_6 \cos \beta}{l_6 \cos \beta} (a_2 - a_1) + a_1 \quad (3)$$

$$y_m = (a_2 - a_1) \cos(\alpha + \beta) + a_2 \quad (4)$$

Поскольку угол  $\beta$  обычно имеет значение не более  $4 - 5^\circ$  (при включенных распорных устройствах), то можно принять  $\cos \beta = 1$ , кроме того, при установке датчиков 1 и 2 смещения можно выполнить условие  $l_6 = l_p$  и тогда величина смещения коронки исполнительного органа  $y_m$  будет равна:

$$y_m = (a_2 - a_1) \cos \alpha + a_2 \quad (5)$$

Учитывая, что угол поворота исполнительного органа в горизонтальной плоскости  $\alpha$  не превышает  $35 - 45^\circ$ , то в зависимости от требуемой точности коррекции программы можно принимать или не принимать во внимание влияние этой величины на значение  $y_m$ . Так, если допустить, что  $\cos \alpha = 1$ , то формула (5) значительно упростится и будет иметь вид:

$$y_m = 2a_2 - a_1 \quad (6)$$

При этом величина абсолютной погрешности пересчета смещение корпуса комбайна на коронку исполнительного органа составит:

$$\Delta y = y_3 - y_m = 2a_2 - a_1 - [\cos(\alpha + \beta)(a_2 - a_1) + a_2] = (a_2 - a_1)[1 - \cos(\alpha + \beta)]$$

а относительная погрешность будет равна:

$$\delta y = \frac{y_2 - y_m}{y_3} = \frac{\Delta y}{y_3} = \frac{(a_2 - a_1) [1 - \cos(\alpha + \beta)]}{2a_1 - a_1}$$

Так, если  $a_1 = 0$ ,  $a_2 = 500$  мм,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0$ , то

$$\Delta y = (a_2 - a_1) [1 - \cos(\alpha + \beta)] = 500 (1 - \cos 45^\circ) = 150 \text{ мм.}$$

Такую погрешность коррекции программы можно считать вполне удовлетворительной, исходя из требований точности проведения выработок (+ 200 мм) комбайновым методом. В зависимости от имеющихся аппаратных средств и требуемой точности определения величины  $y_m$ , последнюю можно вычислить либо более точно по выражениям (4) и (5), либо менее точно — по выражению (6).

Таким образом, если на комбайне избирательного действия разместить два датчика смещения его относительно контура (стенок) пройденной выработки, причем один из них (датчик 2) установить на прямой, перпендикулярной продольной оси комбайна и проходящей через ось подвижного соединения исполнительного органа и корпуса комбайна (в данном случае относительно оси, в которой совершается горизонтальное перемещение органа), а другой (датчик 1) — на расстоянии от первого, равном длине стрелы исполнительного органа, и принять угол  $\beta = 0$ , то смещение коронки исполнительного органа при изменении положения комбайна в выработке может быть рассчитано по формуле:

$$v = (a_2 - a_1) \cos \alpha + a_2, \quad (7)$$

где  $y$  — линейное смещение коронки исполнительного органа;  
 $\alpha$  — угол поворота исполнительного органа относительно продольной оси комбайна;  
 $a_2$  — показание датчика 2 смещения корпуса комбайна относительно контура пройденной выработки;  
 $a_1$  — показание датчика 1 смещения корпуса комбайна отно-

сительно контура пройденной выработки.

При программном управлении исполнительными органами проходческих комбайнов обработка информации производится в цифровом виде, причем каждому программируемому перемещению исполнительного органа соответствует свой цифровой код. Так, в комплексе устройств автоматизации КУАП-1 проходческого комбайна 4ПП-2М положение исполнительного органа определяется 8-разрядным двоичным кодом и изменению этого кода на единицу младшего разряда соответствует линейное перемещение исполнительного органа по забою на 25 мм. Вычисленная величина смещения коронки исполнительного органа  $y$  может быть использована в качестве корректирующего сигнала запрограммированных перемещений при соответствующем масштабировании и представлении ее в том цифровом виде, в котором работает программное устройство.

Следовательно, величина корректирующего сигнала  $y_k$  системы программного управления исполнительным органом проходческого комбайна избирательного действия будет иметь вид:

$$y_k = Ky = K \cos \alpha (2a_2 - a_1), \quad (8)$$

где  $K$  — масштабный коэффициент, позволяющий согласовать абсолютные значения величины корректирующего сигнала и величины запрограммированного перемещения, приводящие к одной и той же величине смещения исполнительного органа.

В свою очередь

$$K = \frac{P}{S},$$

где  $P$  — количество единиц младшего разрядного датчика;  
 $S$  — смещение исполнительного органа или корпуса комбайна, соответствующее по датчику величине  $P$ , мм.

Так, для комплексов устройств автоматизации КУАП-1  $K = \frac{1}{25}$ .

Пример конкретного выполнения устройства, реализующего данный способ, показан на фиг. 2 и 3.

Устройство содержит датчики 1 и 2 смещения комбайна.

Датчик 3 горизонтального положения преобразует угол поворота исполнительного органа в горизонтальной плоскости в 8-й разрядный двоичный код Грея (этот код наиболее часто применяется в различных датчиках угла поворота), который поступает для обработки в блок программный.

Датчики смещения комбайна приводятся в движение с помощью специальных копирных механизмов 4 и 5, которые скользят по затяжкам и аркам пройденной и закрепленной выработки и которые преобразовывают перемещение корпуса комбайна в горизонтальной плоскости в угловые перемещения чувствительных элементов датчиков, а те, в свою очередь, преобразовывают их в соответствующий по величине 8-й разрядный код Грея.

Датчик 3 горизонтального положения исполнительного органа размещается непосредственно на оси поворота исполнительного органа в горизонтальной плоскости, датчик 2 находится на прямой, перпендикулярной продольной оси комбайна и проходящей через ось вращения в горизонтальной плоскости исполнительного органа, датчик 1 находится на расстоянии от датчика 2 равном длине стрелы исполнительного органа.

Механизм привода датчиков 1 и 2 выполнен так, чтобы смещению комбайна в горизонтальной плоскости на 25 мм соответствовало изменение величины  $y_k$  на единицу младшего разряда. Из этого следует, что линейным перемещениями  $a_1$  и  $a_2$  датчиков 1 и 2 смещения по фиг. 2 будут соответствовать десятичные эквиваленты двоичных кодов соответственно  $A_1$  и  $A_2$ .

$$A_1 = \frac{1}{25} a_1; \quad A_2 = \frac{1}{25} a_2,$$

а вычисление  $y_k$  сведется к расчету:

$$y_k = 2A_2 - A_1. \quad (9)$$

Информация от датчиков 1 - 3 поступает для обработки в программное устройство. Программное устройство

системы программного управления комбайна выполнено на интегральных микросхемах серии К176 и К190, его структурная схема представлена на фиг. 3.

В программном устройстве принят последовательный способ передачи информации, что позволяет сократить число связей между отдельными блоками и некоторые из них упростить (сумматоры, преобразователи кода, устройство сравнения). Программное устройство содержит коммутатор 6 датчиков положения, на вход которого подключены датчики положения исполнительного органа комбайна, преобразователь 7 кода Грея датчиков положения в двоичный код, сумматор 8 коррекции, узел 9 приема команд, обеспечивающий прием команд дистанционного управления программно-управляемыми механизмами комбайна из блока дистанционного управления, запоминающий блок 10 вида (горизонтальное, вертикальное и т.д.) и величины перемещения исполнительного органа, блок 11 сравнения, пульт 12 местного управления режимами работы устройства программного, блок 13 расчета величины ручной коррекции, вводимой при необходимости машинистом перед каждым новым циклом воспроизведения программы, блок 14 выдачи команд из программного устройства в блок дистанционного управления, блок 15 управления, ключ 16 вида коррекции, обеспечивающий прием программным устройством ручной коррекции (положение "РК") либо автоматической коррекции (положение "АК"), ключи 17 и 18. опроса датчиков 2 и 1 смещения комбайна соответственно по фиг. 2, преобразователи 19 и 20 кода Грея в двоичный код, первый сумматор 21, инвертор 22, второй сумматор 23, элементы 17 - 23 образуют блок 24 расчета величины автоматической коррекции.

Способ управления стреловым исполнительным органом горнопроходческого комбайна с помощью предлагаемого устройства осуществляется следующим образом.

При записи программы "образцового цикла" переводят переключатель режимов на пульте 12 местного управления в положение "Запись". Машинист, управляя исполнительными органами комбайна с переносного пульта блока ди-

станционного управления, выполняет "образцовый цикл" обработки забоя, при этом в программное устройство поступают команды о виде выполняемого движения (например, горизонтальное движение исполнительного органа "ГИО" и т.д.).

При этом блок 15 управления обеспечит следующую последовательность работы устройств программного устройства, в такте T1 производится установка всех устройств блока в исходное состояние, в такте T2 узел 9 приема команд кодирует вид выполняемого движения в соответствующий код, который записывается в запоминающий блок 10, и в соответствии с этим кодом подключается для опроса и съема информации датчик положения исполнительного органа, соответствующий выполняемому движению, если выполняется горизонтальное движение исполнительного органа и ключ 16 установлен в положение "АК", то одновременно с опросом датчика горизонтального положения будет произведен опрос датчиков 1 и 2 смещения корпуса комбайна ключами 17 и 18 опроса, в такте T3 осуществляется поразрядное преобразование показаний опрошенных датчиков из кода Грея в двоичный код, вычисление величины  $2A_2$  сумматором 16, вычисление разности  $2A_2 - A_1$  вторым сумматором 23, суммирование величины корректирующего сигнала, поступающего с выхода второго сумматора 23 на один из входов сумматора 8 коррекции, с показанием датчика положения в двоичном коде, поступающего с выхода преобразователя 7, в момент, когда машинист прекращает выполнять программируемое движение, исчезает код движения и в момент прихода очередного такта T4 последнее скорректированное показание датчика с выхода сумматора 8 коррекции будет записано в память запоминающего блока 10.

Аналогично производится запись и всех других программируемых движений исполнительного органа с той лишь разницей, что величина автоматической коррекции поступает на сумматор 8 коррекции только при выполнении горизонтального движения исполнительного органа, в других случаях величина корректирующих сигналов равна 0.

Величина корректирующего сигнала от блока 13 расчета ручной коррекции (в случае, если ключ 16 установлен в положение "РК") в режиме записи программы вообще не поступает.

При воспроизведении программы обработки забоя переводят переключатель режимов на пульте 12 местного управления в положение "воспроизведение", а нажатием на нем кнопки "Пуск" определяют момент начала воспроизведения программы.

В такте T1 элементы программного устройства устанавливаются в исходное состояние.

В такте T2 производится выбор кода и величины первого запрограммированного движения.

В соответствии с кодом вида движения, принятого с выхода запоминающего блока 10, производится опрос соответствующего датчика положения блока 6 опроса датчиков, а в случае, если код вида движения соответствует горизонтальному перемещению исполнительного органа, опрашиваются также и датчики 1 и 2 смещения корпуса комбайна.

В такте T3 производится поразрядное преобразование показаний датчика положения и датчиков смещения в случае выполнения горизонтального движения из кода Грея в двоичный код соответственно преобразователями 7 и 19 и 20, вычисление величины  $2A_2$ ,  $2A_2 - A_1$  сумматорами 21 и 23, вычисление величины корректирующего сигнала сумматором 8 аналогично тому, как это осуществлялось при записи программы. В этом же такте T3 происходит поразрядное сравнение величины запрограммированного перемещения, полученного с выхода запоминающего блока 10 и с выхода сумматора 8 коррекции в блоке 11 сравнения.

В зависимости от результата сравнения на выходе блока 11 сравнения может быть получен один из трех сигналов "Р" - равно, "Б" - больше, "М" - меньше.

В такте T4 по одному из сигналов неравнозначности "Б" или "М" и коду вида движения, поступившему с выхода запоминающего устройства, в дешифраторе устройства выдачи команд будет сформирована команда, реализация которой через блок дистанционного управ-

ления и электрогидропереключатели комбайна приведет к перемещению исполнительного органа, повороту вала датчика положения, к соответствующему уменьшению неравнозначности по абсолютной величине величин, поступающих на вход блока 11 сравнения. Если в результате отработки неравнозначности величина перемещения, принятая с выхода сумматора 8 коррекции сравнивается с величиной, принятой из запоминающего блока 10, то на выходе блока 11 сравнения исчезнет один из присутствующих сигналов неравнозначности и появится сигнал "Р" - равно, который, поступив в блок 15 управления, позволит выработать в нем сигналы для выбора очередного кода и величины программированного движения и процесс его воспроизведения повторится аналогично описанному.

Выполнение автоматической коррекции программы в приведенном примере реализации способа можно проиллюстрировать следующим образом. Допустим, что запись программы производилась без обработки забоя, комбайн, не испытывая реакцию забоя, не смещался относительно контура выработки, величина автоматической коррекции программы соответствовала тому положению комбайна, которое он занимал в момент начала записи программы.

Предположим, что показания датчиков 1 и 2 были равны и соответствовали в двоичном коде числу 00101000. Как известно, веса разрядов двоичного числа соответствуют ряду  $2^7, 2^6, 2^5, 2^4, 2^3, 2^2, 2^1, 2^0$ , следовательно, приведенное двоичное число соответствует десятичному эквиваленту 40.

Величина  $2A_2$  в данном случае будет равна:

$$00101000$$

+

$$00101000$$

01010000, что соответствует числу 80  $A_1 - 00101000 -$  (эквивалент 40).

$$2A_2 - A_1 = 80 - 40 = 40$$

и действительно:

$$2A_2 - A_1 = 2A_2 + (\bar{A}_1 + 1);$$

$$A_1 = 11010111;$$

$$\bar{A}_1 + 1 = 11010111;$$

+

$$\begin{array}{r} 1 \\ \hline 11011000 \end{array}$$

$$2A_2 + (\bar{A}_1 + 1) = 01010000$$

+

$$11011000$$

$$00101000, \text{ что со-}$$

ответствует числу 40.

Число 00101000 и будет играть роль корректирующего сигнала. Допустим, что "образцовый цикл" состоял из записи одной точки, соответствующей показанию датчика горизонтального положения, в двоичном коде 10000000 (десятичный эквивалент 128). В запоминающий блок 10 будет записано следующее скорректированное число:

$$10000000$$

+

$$00101000$$

$$\hline 10101000 - (\text{эквивалент } 168).$$

Если перевести программное устройство в режим воспроизведения, отвести исполнительный орган от положения, при котором была произведена запись программы и подавать команду "Пуск", то система программного управления, отработав возникшее рассогласование "вернет" исполнительный орган в точку записи программы.

Предположим, что комбайн развернулся против часовой стрелки, так что показание датчика 2 смещения уменьшилось на 8 единиц, а показание датчика 1 увеличилось на 8 единиц, что в двоичном коде будет соответствовать числам соответственно: 00100000 - (эквивалент - 32), 00110000 - (эквивалент 48).

При определении величины корректирующего сигнала получим:

$$2A_2 = 2 \cdot 32 = 64;$$

$$2A_2 - A_1 = 2A_2 + (\bar{A}_1 + 1) =$$

$$= 64 - 48 = 16,$$

что в двоичном виде будет выглядеть так:

$$\begin{array}{r} 2A2 = 00100000 \\ + \\ 00100000 \\ \hline 01000000 - (\text{эквивалент } 64) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \bar{A} + 1 = 11001111 \\ + \\ 1 \\ \hline 11010000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2A2 + (\bar{A} + 1) = 01000000 \\ + \\ 11010000 \\ \hline 00010000 - (\text{эквивалент } 16) \end{array}$$

Таким образом, показание датчика горизонтального положения будет скорректировано не на "40", а на "16" и для того, чтобы исполнительному органу достичь записанного в памяти значения 168 при очередном цикле воспроизведения, система программного управления вынуждена будет "довернуть" его на величину  $40 - 16 = 24$ , что в двоичном коде будет иметь вид: 00011000, имея в виду, что показания датчика 3 по фиг.3 при его повороте слева направо возрастают.

В выработке это будет выглядеть так: комбайн вместе со своим исполнительным органом развернулся влево, величина корректирующего сигнала по отношению к его величине при записи уменьшилась на 24, а следовательно, для достижения числа 168, исполнительный орган должен повернуться не до показания по датчику горизонтального положения 128, а до показания  $128 \pm 24 = 152$ , т.е. исполнительный орган относительно корпуса комбайна повернется правее числа "128" и при достижении по датчику положения числа "152" займет в забое то же положение, которое он занимал при записи программы.

Аналогично можно рассмотреть отработку автоматической коррекции программы в режимах записи и воспроизведения программы при развороте комбайна вправо и его параллель-

ных смещениях влево и вправо относительно его первоначального положения.

5 Ручная коррекция программы может вводиться между циклами воспроизведения программы, а ее величина в течение цикла обработки забоя не изменяется.

10 Введение в известную схему системы программного управления двух датчиков смещения корпуса комбайна относительно контура выработки, устройства расчета автоматической коррекции, состоящего из ключей опроса датчиков смещения, преобразователей кода датчиков смещения из кода Грея в двоичный, сумматора, обеспечивающего получение удвоенного значения величины кода одного из датчиков смещения, инвертора и сумматора, обеспечивающего получение самой величины корректирующего сигнала с соответствующими связями позволило осуществить автоматическую коррекцию программы обработки забоя при смещениях комбайна в выработке.

30 Блок 24 расчета автоматической коррекции может быть также реализован на базе микропроцессора. При этом появится возможность рассчитывать более точно значение  $u_k$ , учитывая влияние на эту величину углов  $\alpha$  и  $\beta$ .

Таким образом, введение блока 24 расчета автоматической коррекции программы и датчиков смещения комбайна позволит осуществить способ управления стрелой комбайна, выполняющий обработку забоя с коррекцией по фактическому смещению корпуса с целью более точного управления прохождением выработки в условиях высокой запыленности.

Способ управления уменьшает переборы вмещающих пород. Управление комбайном сводится к функциям контроля за перемещением исполнительного органа, а заданное направление выработки поддерживается автоматически за счет введения коррекции по фактическому смещению корпуса комбайна.

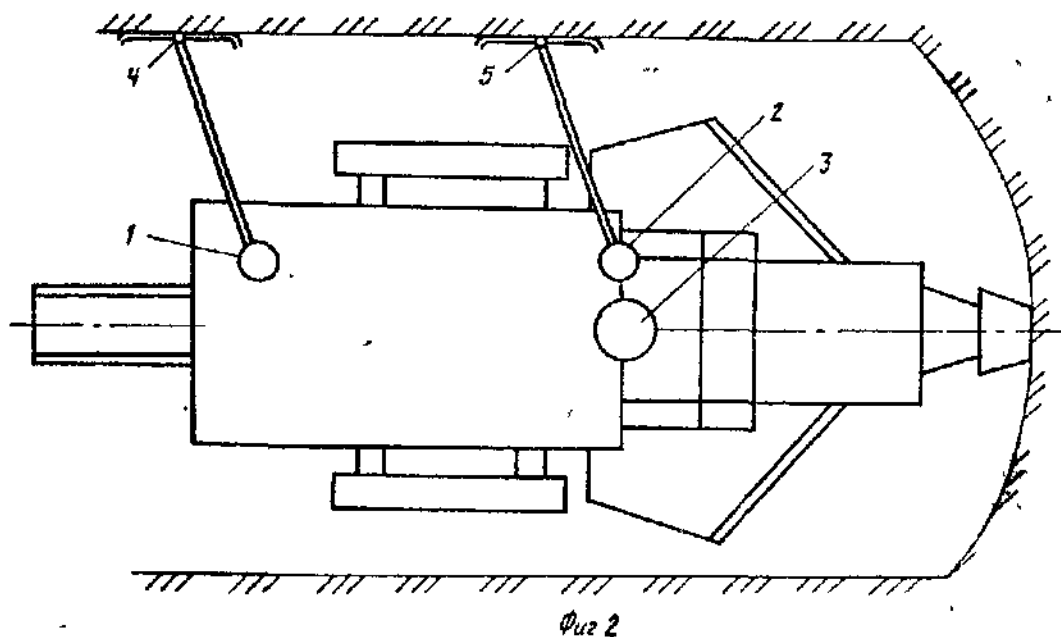
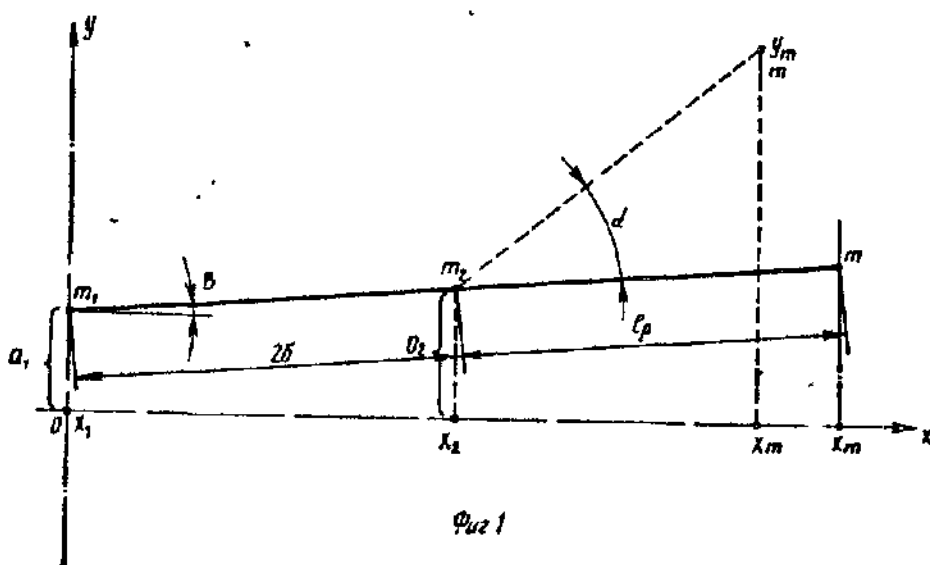
55 Программное управление с автоматической коррекцией повышает эффективность работы комбайна, особенно в выработках с высокой запыленностью и опасных по внезапным выбросам, так

как создаст условия для обработки забоя без постоянного присутствия человека.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я 5

Способ управления стреловым исполнительным органом горно-проходческого комбайна, заключающийся в выполнении образцового цикла обработки за- 10  
боя, записи величины, направления и последовательности перемещений исполнительного органа и управления перемещениями исполнительного органа при последующих циклах обработки забоя 15

в соответствии с программой перемещений, записанной в течение образцового цикла, отличающийся тем, что, с целью повышения точности управления, измеряют текущее значение смещения корпуса комбайна относительно контура пройденной выработки, определяют соответствующее этому смещению отклонение исполнительного органа и корректируют в соответствии с величиной и направлением этого отклонения программу перемещений исполнительного органа как в процессе ее записи, так и при ее воспроизведении.





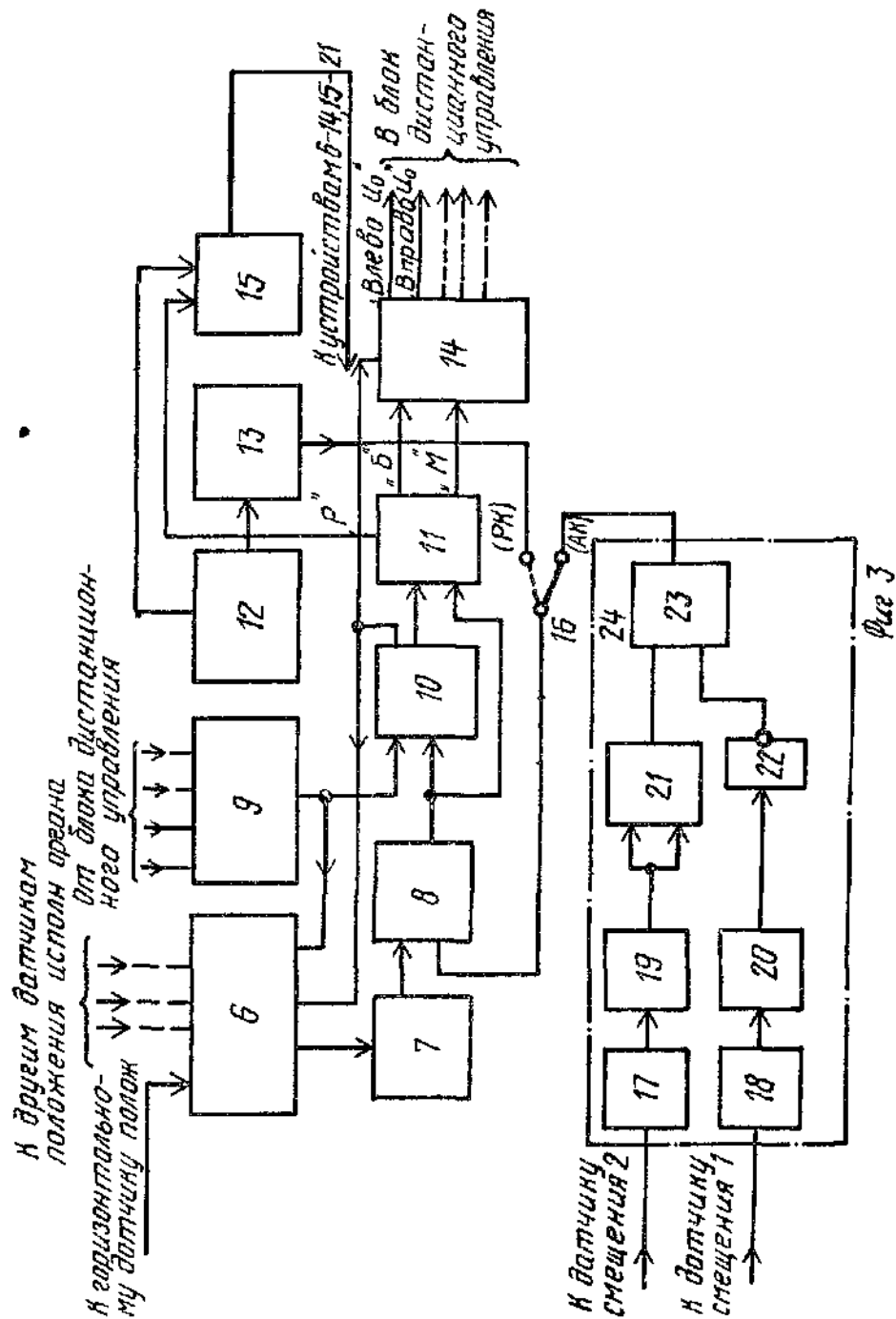


Fig 3

Составитель М. Аксенов

Редактор С. Патрушева

Техред И. Попович

Корректор В. Бутяга

Заказ 7621/35

Тираж 455

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4

