

(19) **KG** (11) **348** (13) **C2**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(51)⁷ **B03B 7/00, 9/00**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 20010076.1

(22) 29.11.2001

(86) PCT/RU 00/00189 (22.05.2000)

(31) 2174448

(32) 22.05.2000

(33) RU

(46) 30.05.2002, Бюл. №5

(76) Деркачев Б.П. (RU)

(56) GB 1176398 A, 1970;

SU 914113 A, 1982;

SU 1045932 A, 1983;

DE 3222862 A1, 1983;

RU 2080933 C1, 1997;

RU 95115776 A1, 1997;

RU 2114701 C1, 1998;

RU 2144430 C1, 2000

(54) Способ обогащения тяжелых мелко-фракционных концентратов

(57) Изобретение относится к области обогащения тяжелых мелкофракционных концентратов с целью извлечения полезных минералов, находящихся в свободном, химически не связанном состоянии как непосредственно из исходной горной массы, ее концентратов или хвостов обогащения. Способ заключается в том, что предварительно откалиброванную горную массу смешивают с водой и насосом подают в многоканальную улитку, установленную над коническим, параболическим или ломаным калибровочным решетом гидрогрохота, откуда гидросмесь равномерными потоками по нескольким каналам распределяют по поверхности гидрогрохота, обеспечивая протирание гидросмеси при прохождении по решетку, калибровка может производиться как в одном, так и постадийно в нескольких гидравлических грохотах на решетках с различным диаметром калибрующих отверстий. Подрешетный продукт из последнего грохота поступает в "сотовый" пульповод, набранный из нескольких "труб-сот", в каждой из которых установлено несколько отсекателей с устройствами регулирования их глубины и величины расхода выводимой гидросмеси. При обработке исходной горной массы с большим удельным весом, перед каждым из отсекателей на "сотовом" пульповоде под

переменным углом α устанавливается вибратор с переменным по направлению к потоку движущейся в пульповоде гидросмеси, вектором силового импульса, а также с регулируемой величиной самого силового импульса и частотой колебания. Выводимый из каждой из "труб-сот" через каждый отсекаТЕЛЬ объем гидросмеси (пульпы) с обогащенным концентратом подается в отстойник и сгуститель. Сгущенный концентрат из отстойника и сгустителя обрабатывается на центробежном концентраторе и доводится до состояния "чистого" минерала или шлиха на комплексе магнитно-жидкостной сепарации. Изобретение повышает эффективность обогащения мелкофракционных концентратов. 18 з.п. ф-лы, 7 ил.

Изобретение относится к области обогащения тяжелых мелкофракционных концентратов с целью извлечения полезных минералов, в том числе мелких и тонких, например, золота или платины, находящихся в свободном, химически не связанном состоянии.

Изобретение может быть использовано для обогащения и выделения полезных минералов из исходной горной массы или ее концентратов при условии, что объемная плотность частиц извлекаемого минерала превосходит плотность частиц, вмещающей данный минерал горной породы в два и более раза.

Изобретение может быть использовано для обогащения и извлечения минералов или их богатых концентратов как непосредственно из исходной горной массы, добываемой из недр, так и из отходов ее первичной технологической переработки – хвостов.

Изобретение может быть использовано для выделения минералов или получения их богатых концентратов из исходной горной массы или отходов ее первичной технологической переработки как самостоятельно, так и в составе технологических линий горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Изобретение может быть использовано для создания лабораторных и промышленных установок.

Известен способ обогащения мелкофракционной рудной массы (Патент RU №2114701), где исходную горную массу калибруют на решетке гидравлического грохота с последующим обогащением в наклонном пульповоде с выводом концентрата через донный отсекаТЕЛЬ.

Недостатком установки, реализующей этот способ, является то, что при малых скоростях подачи пульпы на решетку гидравлического грохота поток пульпы под большим углом наклона проходит по поверхности решета. При этом калибровка горной массы происходит не на всей поверхности решета и ввиду недостаточного расслаивания потока пульпы по поверхности решета возникает процесс срыва потока с поверхности решета и снос твердой фазы пульпы с частицами полезного минерала в отвал.

Недостатком установки, реализующей этот способ, является то, что при переработке больших объемов горной массы через наклонный пульповод проходит большой объем пульпы, что приводит к увеличению диаметра пульповода, что усложняет технологию изготовления кольцевой части пульповода.

Недостатком установки, реализующей этот способ, является также и то, что величина щели донного отсекаТеля, определяющая расход гидросмеси (пульпы) с обогащенным концентратом, конструктивно выполняется постоянной и определяется в пределах не более 1 % от расхода потока гидросмеси в пульповоде. Это приводит либо к сносу частиц полезного минерала, либо к увеличению содержания "пустой" породы в концентрате (в зависимости от содержания полезного минерала в исходной горной массе).

Известен способ переработки минералосодержащей горной массы (Патент RU №2144430), согласно которому исключение из исходной горной массы частиц пустой породы производится сухой или мокрой расситовкой с последующим постадийным

грохочением подрешетного продукта на высокопроизводительных гидравлических грохотах с последующим сгущением и доводкой в концентраторе. При этом вся жидкая фаза гидросмеси (вода) пропускается через сгуститель с целью выделения мелких и тонких частиц выделяемого минерала.

Недостатком этого способа является то, что при переработке больших объемов горной массы приходится пропускать через отстойник и сгуститель большого объема жидкой фазы гидросмеси (воды), что приводит к созданию больших (по габаритам) отстойника и сгустителя, сложности монтажа и эксплуатации такого оборудования непосредственно на месторождении, а также к применению концентраторов большой производительности либо нескольких концентраторов, а следовательно, и энергоемкости.

Задачей изобретения является устранение вышеперечисленных недостатков.

Достижимый технический результат – повышение эффективности обогащения мелкофракционных концентратов.

Указанный результат достигается тем, что в способе обогащения, заключающемся в исключении на калибровочном решете приемного бункера из исходной горной массы пустой породы, превышающей по размеру максимальный размер частиц извлекаемого минерала, определяемый лабораторными анализами исходной горной массы, дальнейшей постадийной переработке подрешетного продукта на, по крайней мере, одном гидравлическом грохоте с применением различного типа калибровочных решет – конического, параболического или ломаного – для регулирования времени прохождения обрабатываемой массы по поверхности решета, затем на сгустителях высокопроизводительных концентраторах и доводке концентрата до состояния чистого минерала на комплексе магнитно-жидкостной сепарации, согласно изобретению, горную массу калибруют на решете приемного бункера до размеров 20-60 мм и в смеси с водой грунтовым, песковым или струйным насосом подают в многоканальную улитку, установленную над калибровочным решето гидрогрохота, откуда по нескольким (1...L) каналам равномерными потоками распределяют и расслаивают по всей поверхности гидрогрохота, обеспечивая протирание гидросмеси в процессе прохождения по поверхности решета гидрогрохота, причем в зависимости от гранулометрического и литологического состава исходной горной массы, а также размеров выделяемого полезного минерала, по крайней мере, одно коническое, параболическое или ломаное решето гидрогрохота выполняют с калибровочными отверстиями разного диаметра, причем подрешетный продукт последнего конического, параболического или ломаного гидрогрохота направляют в "сотовый" пульповод, набранный из "труб-сот", в каждой из которых установлено несколько 1...k отсекаелей, регулируют расход выводимой из отсекаелей пульпы с обогащенным концентратом и глубину отсекаеля по направлению движения потока пульпы заслонкой рычажного типа, смонтированной в монолитном корпусе отсекаеля под донным отверстием в пульповоде.

Указанный технический результат достигается также тем, что при обработке исходной горной массы с большим удельным весом перед каждым отсекаелем на "сотовом" пульповоде устанавливается электромагнитный, электромеханический или иного другого типа вибратор с переменным по направлению к потоку пульпы вектором силового импульса, за счет переменного угла установки вибратора, а также с регулируемой величиной и частотой силового импульса.

Кроме того, определяют лабораторными анализами гранулометрический состав по стандартным классам и содержание по классам выделяемого полезного минерала или металла, содержащегося в перерабатываемой горной массе в свободном, химически не связанном мелкодиспергированном виде, а также гранулометрический и литологический состав вмещающих извлекаемый минерал металл горной породы.

Исходная горная масса бульдозером или по транспортной схеме может подаваться на стол гидровашгерда, где смешивается с водой, подаваемой гидромонитором, и под действием гравитационной силы калибруется до размера 20-60 мм.

Подрешетный продукт гидровашгерда струйным, грунтовым или песковым насосом подается по напорному пульповоду в многоканальную улитку со скоростью, превышающей критическое значение скорости для пульповода данного диаметра, определяемой по формуле:

$$V_{кр} = 10 \times \sqrt[3]{D_{II}} \times \sqrt[4]{\omega \times \left\{ \frac{\rho_{см}}{\rho_o} - 0.4 \right\}},$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с;
 D_{II} – внутренний диаметр трубы напорного патрубка, м;
 ω – гидравлическая крупность частиц твердой фазы гидросмеси, м/с;
 $\rho_{см}$ – плотность подаваемой гидросмеси, т/м³;
 ρ_o – плотность воды, т/м³.

В случае технологической необходимости процесс калибровки повторяют необходимое количество раз в необходимом количестве (1...n) гидравлических грохотов, подавая подрешетный продукт из предыдущего гидравлического грохота в последующий гидравлический грохот песковым, грунтовым или струйным насосом.

Каждую из "труб-сот" пульповода выполняют в виде линейного или линейно-кольцевого наклонного пульповода, при этом общую площадь сечения пульповода определяют по формуле:

$$F_{общ} = \frac{Q_{ГР}}{3600 \times V_{ср}},$$

где $F_{общ}$ – общая площадь сечения "сотового" пульповода, м²;
 $Q_{ГР}$ – производительность n-го (последнего, в случае применения нескольких) гидравлического грохота, м³/ч;
 $V_{ср}$ – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;
 3600 – число секунд в часе,

$$V_{ср} = (1.3 - 1.5) V_{дон},$$

где $V_{дон}$ – донная скорость, т.е. минимальная скорость, при которой происходит перемещение однородных зерен (частиц) любого удельного веса по дну пульповода.

Донная скорость определяется по эмпирической формуле Имшенецкого, уточненной экспериментально для режимов работы данного способа:

$$V_{дон} = 45(\gamma_{II} - 1) - \frac{44(\gamma_{II} - 1)}{e^{0.36d}},$$

где $V_{дон}$ – донная скорость течения, м/с;
 γ_{II} – удельный вес частиц, г/см³;
 e – основание натуральных логарифмов;
 d – размер переносимых частиц, мм; производительность гидравлического грохота, например, с коническим решетом с круглыми калибрующими отверстиями определяется по эмпирической формуле:

$$Q_{ср} = 1400 \times V_{II} \times \frac{d_{ср}}{d} (D_1^2 - D_2^2) \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4,$$

где D_1 – диаметр верхнего сечения решета, м;
 D_2 – диаметр нижнего (выходного) сечения решета, м;

V_{Π} – скорость потока пульпы при заходе на решето, м/с;

$d_{\text{ср}}$ – диаметр граничного зерна гидросмеси (пульпы), м;

d – диаметр отверстий решета, м;

K_1 – эмпирический коэффициент, определяющий соотношение суммарной площади отверстий к площади решета;

K_2 – коэффициент, учитывающий концентрацию исходной гидросмеси (пульпы);

K_3 – коэффициент, учитывающий содержание гравия в гидросмеси (пульпе);

K_4 – коэффициент, учитывающий форму отверстий решета.

По величине $F_{\text{общ}}$ определяют величину поперечного сечения одной "трубы-соты" по формуле:

$$F_{\text{сот}} = \frac{F_{\text{общ}}}{m},$$

где $F_{\text{сот}}$ – площадь поперечного сечения одной "трубы-соты", м²;

m – число "труб-сот", шт.

$$D_{\text{сот}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{сот}}}{\pi}},$$

где $D_{\text{сот}}$ – диаметр "трубы-соты", м;

π – 3.14.

Длина пульповода от его начала до отсекаателя определяется по формуле:

$$L_{\text{пульп}} = \frac{V_{\text{ср}} \times D_{\text{сот}}}{V_0 \times K_1 \times K_2},$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

$D_{\text{сот}}$ – диаметр одной "трубы-соты", м;

V_0 – скорость осаждения зерна (частицы) в движущемся потоке, м/с;

K_1 – коэффициент, учитывающий ускорение падения частицы в режиме интенсивного перемещения;

K_2 – коэффициент, учитывающий стесненные условия выпадения частицы в придонном слое пульпы;

Величина скорости осаждения зерна (частицы) V_0 для переходного от турбулентного к ламинарному режиму движения потока гидросмеси (пульпы) определяется по формуле:

$$V_0 = 0.89 \times d \times \sqrt{(\rho - 1000)^2},$$

где V_0 – скорость осаждения зерна (частицы), м/с;

d – диаметр зерна (крупность), м;

ρ – плотность зерна (частицы), кг/м³;

0.89 – эмпирический коэффициент;

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде определяется зависимостью:

$$V_{\text{ср}} = \varphi \sqrt{2g \times H},$$

где φ – коэффициент скорости,

$\varphi = 0.82-0.85$;

g – ускорение свободного падения,

$g = 9.81$ м/с²;

H – перепад высот входного и выходного отверстий пульповода, м.

На каждой из 1...m "труб-сот" на расчетном расстоянии $L_{\text{пульп}}$ монтируется отдельный съемный блок отсекаателя, конструкция которого позволяет регулировать расход гидросмеси пульпы с обогащенным концентратом и осажденными самородными частицами выделяемого минерала (металла) в пределах 0.1-20 % от расхода потока гидросмеси пульпы по каждой из 1...m "труб-сот" пульповода, где $L_{\text{пульп}}$ – длина пульповода от его начала до отсекаателя.

Данное отверстие отсекаателя выполнено в виде параллельной ленточной щели шириной $b_{\text{щели}}$ и длиной $L_{\text{щели}}$.

Размеры щели отсекаателя связаны зависимостью, выражаемой формулой:

$$C \times b_{\text{щели}} = (0.001 - 0.2) \times \frac{\pi \times D_{\text{сот}}^2}{4},$$

где C – глубина отсекаателя, м;

C – величина переменная (регулируемая);

$b_{\text{щели}}$ – ширина щели, м;

$b_{\text{щели}} = (5-10)d_{\text{max}}$;

d_{max} – максимальный размер отводимых частиц, м;

Длина щели отсекаателя выбирается в пределах зависимости:

$$L_{\text{щели}} = (2 - 5)D_{\text{сот}},$$

где $L_{\text{щели}}$ – длина щели, м;

$D_{\text{сот}}$ – диаметр "трубы-соты", м.

Кроме того, отдельные блоки отсекаателей соединяются между собой отдельными секциями труб одинакового с трубами корпуса отсекаателя диаметрами с помощью разъемных фланцевых соединений, а число (1...k) отсекаателей, а, следовательно, соединительных секций труб определяется лабораторными анализами гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами и минералами или металлами на предмет сноса обогащенного концентрата и самородных частиц выделяемого минерала или металла.

Под каждым отсекаателем монтируют приемные бункеры для сбора гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала или металла.

Под первым или k-м отсекаателем устанавливается отстойник, в приемном бункере которого накапливается и сгущается способом естественного осаждения твердая фаза гидросмеси (твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала), а жидкая фаза гидросмеси (вода), переливаясь через края приемного бункера, самотеком, безнапорно поступает в приемную воронку, из которой самотеком, безнапорно по соединительной магистрали (трубе) поступает в сгуститель.

Или выносимые из отстойника особо ценные мелкие и тонкие частицы извлекаемого минерала (металла) выделяют на пресс-филтре, а осаждаемый концентрат и самородные частицы, поступающие в приемные бункеры, подают из них песковым, грунтовым или струйным насосом в сгуститель.

Кроме того, из приемного бункера отстойника после естественного осаждения и сгущения, примерно, до соотношения Т:Ж = 1:2 твердая фаза гидросмеси (твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала) через отводной патрубок со шланговой задвижкой поступает самотеком, безнапорно в центробежный концентратор, в котором происходит дополнительное обогащение твердой фазы гидросмеси, которая после сушки доводится до состояния "чистого" шлиха на комплексе магнитно-жидкостной сепарации, что позволяет значительно увеличить извлекаемость мелкого и тонкого минерала (металла, например золота) размером от 5-10 мкм и выше, в центробежном концентраторе обрабатывается и осадок из накопительного бункера

сгустителя, в котором накапливаются выделяемые методом осаждения мелкие и тонкие частицы полезного выделяемого минерала, выносимые потоком воды из отстойника.

Концентрат и самородные частицы выделяемого минерала, выводимые из отстойника, могут подвергаться дальнейшей технологической обработке, например, методом цианирования, кучного выщелачивания или поступать на обогатительную фабрику.

Сброс гидросмеси из "сотового" пульповода происходит через концевые секции, присоединенные к k-му последнему блоку отсекаателя, длина концевой секции берется равной $0.5 L_{\text{пульп}}$ и монтируется к блоку отсекаателя посредством фланцевого разъема, закрепленного болтовыми соединениями.

Применение двух и более гидравлических грохотов целесообразно применять при большом, более 10 % содержании глины в исходной горной массе или при наличии других минеральных веществ, способствующих "прилипанию" к ним мелких и тонких частиц извлекаемого минерала, например, мелкого и тонкого золота, а также по другим причинам технологического характера, обусловленных составом исходной горной массы или требованиями, например по крупности, к получаемому требуемому продукту – концентрату.

В процессе многократного прохождения потока гидросмеси (пульпы) по рабочим поверхностям решет (1...n) гидравлических грохотов происходит не только качественная калибровка – просеивание твердой фазы гидросмеси (частиц горной породы) в результате конструктивного исполнения в решетках калибровочных отверстий разного диаметра, но и "протираание" ее в процессе прохождения потока пульпы по поверхности решета в результате удара потока пульпы о края отверстий решета.

Количество отсекаателей сотового пульповода определяется лабораторной обработкой проб концентрата из каждого отсекаателя на предмет наличия сноса полезного выделяемого минерала. Отсекаатели выполняются в виде отдельных блоков-вставок в каждую из "труб-сот" "сотового" пульповода.

Режим движения гидросмеси (ламинарный или турбулентный) в каждой из "труб-сот" сотового пульповода определяется критерием Рейнольдса Re . Величина критерия Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \frac{V_{CP} \times D_{COT}}{\mu},$$

где V_{CP} – средняя (передвигающая) скорость потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

D_{COT} – диаметр "трубы-соты", м;

μ – кинематическая вязкость гидросмеси, см²/с;

$$V_{CP} = (1.3-1.5) V_{дон},$$

$$V_{дон} = 45(\gamma_{II} - 1) - \frac{44(\gamma_{II} - 1)}{e^{0.36d}},$$

где $V_{дон}$ – донная скорость течения, м/с;

γ_{II} – удельный вес частиц, г/см³;

e – основание натуральных логарифмов;

d – размер переносимых частиц, мм.

При $Re < 2300$ – режим движения гидросмеси – ламинарный, при $Re > 2300$ режим – турбулентный.

Согласно экспериментальным исследованиям, в основном режим движения гидросмеси (пульпы) в каждой "трубе-соте" "сотового" пульповода, несмотря на безнапорное, самотечное движение потока гидросмеси (пульпы) является турбулентным. При турбулентном режиме движения гидросмеси (самотечном и безнапорном) в тонком

пристеночном слое толщиной δ гидросмесь течет в ламинарном режиме. Толщина этого ламинарного слоя определяется по формуле:

$$\delta = \frac{30xD_{cot}}{Re\sqrt{\lambda}},$$

где D_{cot} – диаметр "трубы-соты", м;

Re – критерий Рейнольдса;

γ – коэффициент Дарси.

Для гидравлически гладких труб, у которых величина шероховатости стенки R_z внутренней поверхности (величина выступов) меньше толщины пристеночного ламинарного слоя δ коэффициента Дарси определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}}$$

В относительно тонком (по отношению к диаметру "трубы-соты" D_{cot}) слое толщиной δ движение гидросмеси происходит в ламинарном режиме, скорость движения гидросмеси (пульпы) быстро возрастает от нуля до некоторого значения, близкого к среднему V_{cp} для потока. Через короткий переходный участок пограничный ламинарный слой плавно соединяется с турбулентным ядром основной части потока (где скорость движения гидросмеси гораздо выше скорости движения в пристеночном ламинарном слое) и скорость движения гидросмеси (пульпы), как показывают экспериментальные исследования, достигает максимального значения на продольной оси "трубы-соты".

Величина (протяженность) входного участка (участка стабилизации), который должен пройти поток гидросмеси (пульпы) в "трубе-соте", прежде чем установится профиль скоростей, соответствующий ламинарному режиму движения в пристеночном слое, определяется по формуле:

$$L_{ct} = 0.693xD_{cot}Re^{0.25},$$

где L_{ct} – длина участка стабилизации, м;

D_{cot} – диаметр "трубы-соты", м;

Re – критерий Рейнольдса.

Таким образом, по мере удаления от стенок "трубы-соты" скорость потока гидросмеси (пульпы) в осевом направлении возрастает и мелкие и тонкие частицы тяжелого извлекаемого минерала (металла), размеры которых меньше толщины пристеночного ламинарного слоя δ , попадают в пристеночный слой и как бы "запираются" в нем движущимися с большими скоростями (расположенными ближе к оси "трубы-соты") слоями гидросмеси (пульпы), т.е. удерживаются в нем как в "гидравлической ловушке".

Поскольку на движущиеся в потоке гидросмеси (пульпы) частицы, в том числе и на мелкие и тонкие, попавшие в "гидравлическую" ловушку, действует гравитационная сила, то за счет кривизны внутренней стенки "трубы-соты" эти частицы, движущиеся в тонком пристеночном ламинарном слое, "сползают" по внутренней стенке и движутся по донной части "трубы-соты" в виде тонкого "жгута". При этом перемещение этих частиц (жгута) вместе с более крупными частицами выделяемого минерала (металла), переместившимися в донную часть "трубы-соты" за счет гравитационной силы, происходит за счет движущихся с большей скоростью "запирающих" слоев гидросмеси (пульпы).

Доходя до ленточной щели блока отсекаателя, частицы, движущиеся в "жгуте", выводятся из "труб-сот" "сотового" пульповода в виде "богатого" концентрата.

По величине H перепада высот входного и выходного отверстий пульповода и длине пульповода $L_{\text{пульп}}$ определяется угол наклона пульповода (монтажный угол) β по формуле:

$$\beta = \arcsin \frac{H}{L_{\text{пульп}}}$$

На фиг. 1 показана технологическая схема способа;

На фиг. 2 – поперечный разрез корпуса гидравлического грохота с видом сверху на многоканальную улитку;

На фиг. 3 – поперечный разрез "сотового" пульповода;

На фиг. 4 – продольный разрез одной "соты" в районе отсекаателя и вибратора;

На фиг. 5 – вид сверху на донную ленточную щель одной трубы-"соты";

На фиг. 6 – графическое изображение распределения скорости перемещения потока гидросмеси (пульпы) в "трубе-соте" пульповода и расположение пристеночного ламинарного слоя гидросмеси;

На фиг. 7 – конструктивные разновидности "сотовых" пульповодов;

Способ осуществляется следующим образом.

1. Определяются лабораторными анализами гранулометрический состав (по стандартным классам) и содержание по классам выделяемого полезного минерала (металла), содержащегося в перерабатываемой горной массе в свободном, химически не связанном мелкодиспергированном виде, а также гранулометрический и литологический состав вмещающих извлекаемый минерал (металл) горной породы.

2. Исходная горная масса (см. фиг. 1) бульдозером 1 (или по транспортной схеме) подается на решето приемного бункера, например, на стол гидровашгерда 2, где смешивается с водой, подаваемой, например, гидромонитором 3, и под действием гравитационной силы калибруется до размера 20-60 мм.

3. Подрешетный продукт в виде гидросмеси (пульпы), например, из-под стола гидровашгерда 2, струйным, грунтовым или песковым насосом 6 подается по напорному пульповоду в многоканальную улитку 23 (см. фиг. 2), установленную над коническим, параболическим или ломаным решетом 25 первого высокопроизводительного гидравлического грохота 8 (см. фиг. 1).

4. Выходя из многоканальной улитки 23 (см. фиг. 2) несколькими потоками (по периметру решета 25), поток гидросмеси (пульпы) из (1...L) каналов равномерно распределяется и расслаивается по всей рабочей поверхности решета 25, что обеспечивает высокоэффективную калибровку твердой фазы гидросмеси (твердых частиц) и ее "протираемость" в процессе прохождения потока гидросмеси (пульпы) по поверхности решета 25 в результате ударов потока пульпы о края отверстий 26 на поверхности решета 25.

Применение различного типа решет (коническое, параболическое или ломаное), а также конструктивное исполнение в решетках калибровочных отверстий разного диаметра позволяет более эффективно производить калибровку исходной горной массы (в зависимости от ее гранулометрического и литологического состава) за счет регулирования времени прохождения обрабатываемой массы по поверхности решета, при этом повышая качество калибровки частиц решетом.

Надрешетный продукт (пустая порода) в виде пульпы с небольшим количеством воды (5-10 %) выводится в гидроотвал 7.

6. В случае технологической необходимости процесс калибровки повторяют необходимое количество раз в необходимом количестве (1...n) гидравлических грохотов, подавая подрешетный продукт из предыдущего гидравлического грохота в последующий гидравлический грохот песковым, грунтовым или струйным насосом.

7. После окончания процесса калибровки и "протираения" в процессе прохождения потока гидросмеси (пульпы) по поверхности решета в результате ударов потока пульпы о

края отверстий на поверхности решета откалиброванный подрешетный продукт поступает в "сотовый" пульповод 11, набранный из (1...m) "труб-сот" (см. фиг. 3).

8. Согласно экспериментальным исследованиям, в основном режим движения гидросмеси (пульпы) в каждой "трубе-соте" "сотового" пульповода несмотря на безнапорное, самотечное движение потока гидросмеси (пульпы) является турбулентным. При турбулентном режиме движения гидросмеси (самотечном и безнапорном) в тонком пристеночном слое толщиной δ гидросмесь течет в ламинарном режиме. Толщина этого ламинарного слоя для новых стальных цельнотянутых труб колеблется в пределах 20-70 мкм, для используемых (эксплуатируемых) стальных цельнотянутых труб она составляет 20-50 мкм.

В относительно тонком (по отношению к диаметру "трубы-соты" $D_{\text{сот}}$) слое толщиной δ движение гидросмеси происходит в ламинарном режиме, скорость движения гидросмеси (пульпы) быстро возрастает от нуля до некоторого значения, близкого к среднему $V_{\text{ср}}$ для потока. Через короткий переходный участок пограничный ламинарный слой плавно соединяется с турбулентным ядром основной части потока (где скорость движения гидросмеси гораздо выше скорости движения в пристеночном ламинарном слое) и скорость движения гидросмеси (пульпы), как показывают экспериментальные исследования, достигает максимального значения на продольной оси "трубы-соты".

Таким образом, по мере удаления от стенок "трубы-соты" скорость потока гидросмеси (пульпы) в осевом направлении возрастает и мелкие и тонкие частицы тяжелого извлекаемого минерала (металла), размеры которых меньше толщины пристеночного ламинарного слоя δ , попадают в пристеночный слой и как бы "запираются" в нем движущимися с большими скоростями (расположенными ближе к оси "трубы-соты") слоями гидросмеси (пульпы), т.е. удерживаются в нем как в "гидравлической ловушке".

Поскольку на движущиеся в потоке гидросмеси (пульпы) частицы, в том числе и на мелкие и тонкие, попавшие в "гидравлическую" ловушку, действует гравитационная сила, то за счет кривизны внутренней стенки "трубы-соты" эти частицы, движущиеся в тонком пристеночном ламинарном слое, "сползают" по внутренней стенке и движутся по донной части "трубы-соты" в виде тонкого "жгута". При этом перемещение этих частиц (жгута) вместе с более крупными частицами выделяемого минерала (металла), переместившимися в донную часть "трубы-соты" за счет гравитационной силы, происходит за счет движущихся с большей скоростью "запирающих" слоев гидросмеси (пульпы).

Доходя до ленточной щели блока отсекаателя, частицы, движущиеся в "жгуте", выводятся из "труб-сот" сотового пульповода в виде "богатого" концентрата.

9. На каждой из (1...m) "труб-сот" на расчетном расстоянии $L_{\text{пульп}}$ (см. фиг. 4) монтируется отдельный съемный блок в виде части трубы пульповода отсекаателя 12, конструкция которого позволяет регулировать расход гидросмеси (пульпы) с обогащенным концентратом и осажденными самородными частицами выделяемого минерала (металла) в пределах (0.1-20 %) от расхода потока гидросмеси (пульпы) по каждой из (1...m) "труб-сот" пульповода 11.

Донное отверстие 28 в каждой "трубе-соте" пульповода, под которым монтируется корпус 27 отсекаателя 12, выполнено в виде параллельной ленточной щели 28, шириной $b_{\text{щели}}$ и длиной $L_{\text{щели}}$ (см. фиг. 5). Обогащенный концентрат из корпуса 27 отсекаателя 12 выводится через щель 32 в дне корпуса 27.

Регулирование глубины отсекаателя и расход выводимой пульпы осуществляется заслонкой рычажного типа 35 (см. фиг. 4), смонтированной в монолитном корпусе 27, монтируемом в нижней части трубы блока отсекаателя 12 под ленточной щелью 28.

10. Отсекатели 12 устанавливаются в линии каждой из (1...m) "труб-сот", при этом отдельные блоки отсекаателей соединяются между собой отдельными секциями труб

одинакового с трубами отсекаателя диаметрами с помощью разъемных фланцевых соединений.

Число (1...k) отсекаателей, а, следовательно, и соединительных секций труб определяется лабораторными анализами гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала (металла) на предмет сноса обогащенного концентрата и самородных частиц выделяемого минерала (металла).

11. Под (1...k) отсекаателями, смонтированными в виде отдельных блоков в каждой из (1...m) "труб-сот" пульповода, расположенных на одинаковом удалении от начала пульповода $L_{\text{пульп}}$, монтируются приемные бункеры 36 для сбора гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала (металла), из которых, например, струйными насосами 15 (фиг. 1) гидросмесь с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала (металла) подается в отстойник 14, например, тонкослойный, дуговой и т.д.

12. При обработке исходной горной массы с большим удельным весом с целью выделения из нее полезного минерала, перед каждым из отсекаателей 12, установленных на сотовом пульповоде 11, устанавливается электромагнитный, электромеханический или иного типа вибратор 13 с переменным по направлению к потоку движущейся в пульповоде гидросмеси (под углом α) вектором силового импульса P , а также с регулируемой величиной самого силового импульса и частотой колебания. Вибратор 13 крепится к "трубе-соте" сотового пульповода 11 посредством шарнирного кронштейна 33, направление вектора силового импульса P (угол α) изменяется перемещением задней части вибратора 13 по дуговому кронштейну 34.

13. Под первым или k-м отсекаателем устанавливается отстойник 14 (см. фиг. 1), в приемном бункере которого накапливается и сгущается способом естественного осаждения твердая фаза гидросмеси (твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала), а жидкая фаза гидросмеси (вода), переливаясь через края приемного бункера, самотеком, безнапорно поступает в приемную воронку, из которой самотеком, безнапорно по соединительной магистрали (трубе) поступает в сгуститель 16. В лабораторных установках или при выделении особо ценных мелких и тонких частиц полезного извлекаемого минерала (металла), выносимые потоком воды из отстойника, могут быть выделены в пресс-фильтре любой конструкции.

Концентрат и самородные частицы выделяемого минерала (металла) из других отсекаателей, поступающий в приемные бункеры 36, подаются из них Песковыми, грунтовыми или струйными насосами 15 в приемный бункер сгустителя 16.

14. Из приемного бункера отстойника 14 (после естественного осаждения и сгущения, примерно, до соотношения (Т:Ж = 1:2) твердая фаза гидросмеси, твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала через отводной патрубок поступают самотеком, безнапорно в центробежный концентратор 17, в котором происходит дополнительное обогащение твердой фазы гидросмеси, которая после сушки в сушилке 18 доводится до состояния "чистого" минерала или шлиха 21, например, на комплексе магнитно-жидкостной сепарации 19, что позволяет значительно увеличить извлекаемость мелкого и тонкого минерала или металла, например золота, размером от 5-10 мкм и выше. Шлих 21 собирается в сборник 20 (см. фиг. 1).

В центробежном концентраторе 17 обрабатывается и осадок из накопительного бункера 16 сгустителя, в котором накапливаются выделяемые методом осаждения мелкие и тонкие частицы полезного выделяемого минерала, выносимые потоком воды из отстойника 14. Концентрат и самородные частицы выделяемого минерала, выводимые из отстойника 14 через отводной патрубок, могут подвергаться дальнейшей технологической обработке, например, методом цианирования, кучного выщелачивания или поступать на обогатительную фабрику.

15. Сброс гидросмеси из сотового пульповода происходит через концевые акции, присоединенные к k-му (последнему) блоку отсекаателя.

16. Подача воды в агрегаты установки, реализующей способ обогащения тяжелых мелкофракционных концентратов, осуществляется насосом 4 из водоема 5 (или из водопроводной сети). Хвосты (пустая порода) сбрасываются в гидроотвалы 7.

Пример расчета

1. Выбирается для подачи пульпы в первый гидравлический грохот гидроэлеваторный узел со струйным насосом производительностью $V_T = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ твердого продукта (исходной горной массы), при этом соотношение в подаваемой струйным насосом гидросмеси Т:Ж-(1:15)-(1:17). Исходная масса - песок крупностью 2.5 мм.

Плотность подаваемой исходной горной массы равна $\gamma_T = 2.6 \text{ т/м}^3$, т.е. гидроэлеваторный узел подает в час 78 т исходной горной массы и 510 т воды ($V_B = 510 \text{ м}^3/\text{ч}$) при плотности воды $\gamma_B = 1 \text{ т/м}^3$.

Плотность гидросмеси (пульпы) $\rho_{см}$, подаваемой струйным насосом, определяется по формуле:

$$\rho_{см} = \frac{(V_T \times \gamma_T) + (V_B \times \gamma_B)}{V_T + V_B} = \frac{(30 \times 2.6) + (510 \times 1)}{78 + 510} = 1.088 \text{ т/м}^3.$$

2. Для подачи воды в гидроэлеваторный узел выбирается насос 12НДС-11М производительностью $750 \text{ м}^3/\text{ч}$ и давлением 24.5 мм вод. ст. Подачу пульпы осуществляют по трубе диаметром 219 мм и толщиной стенки 5 мм, т.е. внутренний диаметр напорного пульповода $D_{п} = 209 \text{ мм}$.

3. Скорость подачи пульпы $V_{пульп}$ по напорной трубе должна быть больше критической скорости $V_{кр}$, определяемой по формуле:

$$V_{кр} = 10 \times \sqrt[3]{D_{п}} \times \sqrt[4]{\omega \times \left\{ \frac{\rho_{см}}{\rho_o} - 0.4 \right\}},$$

$$\begin{aligned} V_{кр} &= 10 \times \sqrt[3]{0.209} \times \sqrt[4]{0.2125 \left\{ \frac{1.088}{1} - 0.4 \right\}} = \\ &= 10 \times 0.593447 \times 0.67895303 \times 0.6888, \\ V_{кр} &= 2.485 \text{ м/с}, \end{aligned}$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с;

$D_{п}$ – внутренний диаметр трубы напорного патрубка, м;

$D_{п} = 0.209 \text{ м}$;

ω – гидравлическая крупность частиц твердой фазы гидросмеси, м/с;

$\rho_{см}$ – плотность подаваемой гидросмеси, т/м^3 ; $\rho_{см} = 1.088 \text{ т/м}^3$;

ρ_o – плотность воды, т/м^3 , $\rho_o = 1 \text{ т/м}^3$.

Скорость подачи пульпы по пульповоду $D_{п} = 0.209 \text{ м}$ определяется по формуле:

$$V_{пульп} = \frac{V_T + V_B}{F_{пульп} \times 3600} = \frac{588}{0.0743 \times 3600} = 4.76 \text{ м/с},$$

где $V_T = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$V_B = 510 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$$F_{пульп} = \frac{\pi \times D_{п}^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.209^2}{4} = 0.0743 \text{ м}^2$$

4. Применим гидравлический грохот, например, с коническим решетом с круглыми и калибрующими отверстиями, определяемыми по эмпирической формуле:

$$Q_{cp} = 1400 \times V_{\Pi} \times \frac{d_{cp}}{d} (D_1^2 - D_2^2) \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4,$$

$$Q_{\text{ао}} = 1400 \times 4.76 \times \frac{0.003}{0.007} (1.5^2 - 0.5^2) \times 0.25 \times$$

$$1.12 \times 0.8 = 1279 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где D_1 – диаметр верхнего сечения решета, м; $D_1 = 1.5$ м;

D_2 – диаметр нижнего (выходного) сечения решета, м; $D_2 = 0.5$ м;

V_{Π} – скорость потока пульпы при заходе на решето, м/с; $V_{\Pi} = 4.76$ м/с;

d_{cp} – диаметр граничного зерна гидросмеси (пульпы) м; $d_{cp} = 0.003$ м;

d – диаметр отверстий решета, м; $d = 0.007$ м;

K_1 – эмпирический коэффициент, определяющий соотношение суммарной площади отверстий к площади решета; $K_1 = 0.25$;

K_2 – коэффициент, учитывающий концентрацию исходной гидросмеси (пульпы); $K_2 = 1.12$ (берется из таблиц);

K_3 – коэффициент, учитывающий содержание гравия в гидросмеси (пульпе); $K_3 = 1$ (берется из таблиц);

K_4 – коэффициент, учитывающий форму отверстий; $K_4 = 0.8$ для круглых отверстий.

5. Определяется общая площадь сечения "сотового" пульповода по формуле:

$$F_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{под}}}{3600 \times V_{cp}},$$

где $F_{\text{общ}}$ – общая площадь сечения "сотового" пульповода, м;

$Q_{\text{под}}$ – подача в гидравлический грохот (в последний, в случае применения нескольких), м³/ч; $Q_{\text{под}} = 588$ м³/ч;

V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

3600 – число секунд в часе,

$$V_{cp} = (1.3-1.5) V_{\text{дон}},$$

где $V_{\text{дон}}$ – донная скорость, т.е. минимальная скорость, при которой происходит перемещение однородных зерен (частиц) любого удельного веса по дну пульповода.

Донная скорость определяется по эмпирической формуле Имшенецкого и уточненной экспериментально для режимов работы изобретенного способа:

$$\begin{aligned} V_{\text{дон}} &= 45 (\gamma_n - 1) - \frac{44(\gamma_n - 1)}{e^{0.36d}} = \\ &= 45(2.6 - 1) - \frac{44(2.6 - 1)}{2.71828^{0.36 \times 2.5}} = 43.377 \text{ см/с}. \end{aligned}$$

где $V_{\text{дон}}$ – донная скорость течения, м/с;

γ_n – удельный вес частиц, г/см³; $\gamma_n = 2.6$ г/см³;

e – основание натуральных логарифмов; $e = 2.71828$;

d – размер переносимых частиц, мм; $d = 2.5$ мм.

6. Определяется величина V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде по формуле:

$$V_{cp} = (1.3-1.5) V_{\text{дон}} \quad V_{cp} = 1.5 \times 43.377 = 65.066 \text{ см/с}.$$

Примем $V_{cp} = 1$ м/с.

Величина $F_{\text{общ}}$ (величина поперечного сечения одной "трубы-соты") определяется по формуле:

$$F_{\text{сот}} = \frac{F_{\text{общ}}}{m} \quad F_{\text{сот}} = \frac{0.163}{4} = 0.0408 \text{ м}^2,$$

где $F_{\text{сот}}$ – площадь поперечного сечения "трубы-соты", м²;

m – число "труб-сот", шт.; $m = 4$.

$$F_{\text{общ}} = \frac{V_T + V_B}{V_{\text{ср}} \times 3600} = \frac{588}{1 \times 3600} = 0.1633 \text{ м}^2.$$

7. Величина площади поперечного сечения одной "трубы-соты" $F_{\text{сот}}$ определяется по формуле:

$$D_{\text{сот}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{сот}}}{\pi}} \quad D_{\text{сот}} = \sqrt{\frac{0.1633}{3.14}} = 0.288 \text{ м},$$

где $D_{\text{сот}}$ – диаметр "трубы-соты", м; $\pi = 3.14$.

Примем $D_{\text{сот}} = 209$ мм (применив стандартную трубу диаметром 219 мм и толщиной стенки 5 мм).

Тогда

$$F_{\text{общ}} = \frac{\pi \times 0.209^2}{4} \times 4 = \frac{3.14 \times 0.209^2}{4} \times 4 = 0.1372279 \text{ м}^2,$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{под}}}{F_{\text{общ}}} = \frac{558}{0.1372279} = 1.19 \text{ м/с}.$$

8. Длина пульповода 9 (до отсека-теля) определяется по формуле:

$$L_{\text{пульп}} = \frac{V_{\text{под}} \times D_{\text{сот}}}{V_0 \times K_1 \times K_2} = \frac{1.19 \times 0.209}{0.000205 \times 1393.56 \times 0.1} = 8.7 \text{ м}$$

Учитывая неравномерность процесса подачи пульпы гидроэлеваторным узлом, увеличим длину $L_{\text{пульп}}$ в 1.5 раза, т.е. $L_{\text{пульп}} = 13$ м,

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

$D_{\text{сот}}$ – диаметр одной "трубы-соты", м;

V_0 – скорость осаждения зерна (частицы) в движущемся потоке, м/с;

K_1 – коэффициент, учитывающий ускорение падения частицы в режиме интенсивного перемещения для частиц размером более 1 мм, $K_1 = 1$, частиц размером менее 1 мм K_1 определяется по формуле:

$$K_1 = \left(\frac{1}{d}\right)^{0.85},$$

где d – размер осаждаемых в пульповоде частиц полезного минерала, мм.

Примем $d = 5$ мкм по Аи, тогда размер частицы такого же веса "пустой" породы (песка) будет больше на коэффициент равнопадаемости K_p , определяемый по формуле:

$$K_p = \sqrt{\frac{(\gamma_3 - \gamma_B)}{(\gamma_n - \gamma_B)}} = \sqrt{\frac{19.3 - 1}{2.6 - 1}} = 3.38,$$

$d = 5 \times 3.38 = 16.9$ мкм, примем $d = 20$ мм. Определим K_1 :

$$K_1 = \left(\frac{1}{d}\right)^{0.85} = \left(\frac{1}{0.0002}\right)^{0.85} = 1393.56,$$

K_2 – коэффициент, учитывающий стесненные условия выпадения частицы в придонном слое пульпы, $K_2 = 0.1$ (берется из таблиц).

Величина скорости осаждения зерна (частицы) V_0 для переходного от турбулентного к ламинарному режиму движения потока гидросмеси (пульпы) определяется по формуле:

$$V_0 = 0.89 \times d \times \sqrt{(p - 1000)^2} = 0.89 \times 0.0002 \sqrt{(2600 - 1000)^2} = 0.000205 \text{ м/с},$$

где V_0 – скорость осаждения зерна (частицы), м/с;

d – размер зерна (крупность), м; $d = 0.0002$;

p – плотность зерна (частицы), кг/м³; $p = 2600$;

0.89 – эмпирический коэффициент.

9. С другой стороны, V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде определяется зависимостью:

$$V_{cp} = \phi \sqrt{2g \times H},$$

где ϕ – коэффициент скорости, $\phi = 0.82-0.85$; примем $\phi = 0.835$;

g – ускорение свободного падения, $g = 9.81$ м/с²;

H – перепад высот входного и выходного отверстий пульповода, м

$$H = \frac{1.19^2}{0.835^2 \times 2 \times 9.81} = 0.1035 \text{ м}$$

10. Установочный (монтажный) угол β наклона сотового пульповода к горизонтальной плоскости определяется по формуле:

$$\beta = \arcsin \frac{H}{L_{пульп}} = \frac{0.1035}{13} = 0.5^\circ$$

11. Режим движения гидросмеси (ламинарный или турбулентный) в каждой из "труб-сот" "сотового" пульповода определяется критерием Рейнольдса Re . Величина критерия Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \frac{V_{cp} \times D_{cot}}{\mu} = \frac{1.19 \times 0.209}{0.0131} = 189854.96,$$

где V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с; $V_{cp} = 1.19$ м/с;

D_{cot} – диаметр "трубы-соты", м; $D_{cot} = 0.209$ м;

μ – кинематическая вязкость гидросмеси, см²/с; $\mu = 0.0131$ м²/с.

12. Толщина пристеночного ламинарного слоя δ , в котором гидросмесь (пульпа) при самотечном и безнапорном движении по каждой из "труб-сот" "сотового" пульповода движется в ламинарном режиме, определяется по формуле:

$$\delta = \frac{30 \times D_{cot}}{Re \sqrt{\lambda}} = \frac{30 \times 209}{189854.96 \sqrt{0.0085129}} = 0.3579 \text{ мм},$$

где D_{cot} – диаметр "трубы-соты", мм; $D_{cot} = 209$ мм;

Re – критерий Рейнольдса; $Re = 189854.96$;

λ – коэффициент Дарси; $\lambda = 0.0085129$.

Для гидравлических гладких труб, у которых величина шероховатости стенки R_z внутренней поверхности (величина выступов) меньше толщины пристеночного ламинарного слоя δ , коэффициент Дарси определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0.316}{\sqrt[4]{189854.96}} = 0.0085129.$$

13. Величина (протяженность) входного участка, который должен пройти поток гидромеси (пульпы) в "трубе-соте", прежде чем установится профиль скоростей, соответствующий ламинарному режиму движения в пристеночном слое, определяется по формуле:

$$L_{CT} = 0.693 \times D_{COT} \times \text{Re}^{0.25} = 0.693 \times 0.209 \times 189854.96^{0.25} = 3.023 \text{ м},$$

где L_{CT} – диаметр участка стабилизации, м;

D_{COT} – диаметр "трубы-соты", м; $D_{COT} = 0.209$ м;

Re – критерий Рейнольдса, $\text{Re} = 189854.96$.

14. Донное отверстие отсекаателя выполнено в виде параллельной ленточной щели шириной $b_{щели}$ и длиной $L_{щели}$, регулируют глубину отсекаателя "С" и расход выводимой пульпы заслонкой рычажного типа, смонтированной в монолитном корпусе отсекаателя под донным отверстием, при этом размеры отсекаателя примем в следующих соотношениях:

$$C \times b_{щели} = (0.001 - 0.2) \times \frac{\pi \times D_{COT}^2}{4},$$

где C – глубина отсекаателя, м;

C – величина переменная (регулируемая);

$C = (0-30)$ мм;

$b_{щели}$ – ширина щели, м; $b_{щели} = 25$ мм;

$b_{щели} = (5-10)d_{\max}$;

d_{\max} – максимальный размер отводимых частиц, м; $d_{\max} = 3$ мм.

Длина щели отсекаателя выбирается в пределах зависимости:

$L_{щели} = (2-5)D_{COT}$,

где $L_{щели}$ – длина щели, м; $L_{щели} = 0.5$ м;

D_{COT} – диаметр "трубы-сот", м; $D_{COT} = 0.209$ м.

Совокупность существенных признаков изобретенного способа проявляет новые свойства, заключающиеся в том, что предложенные сочетания и последовательность предлагаемых операций с горной массой создают необходимые условия и обеспечивают качественное выделение частиц минерала из горной массы в виде "чистого" минерала или богатого концентрата – шлиха, которые невозможно было выделить существующими промышленными установками, например, таких частиц минерала (металла) размером менее 0.25 мм, которые не показываются в характеристиках исследуемых проб месторождений, при проведении геологоразведочных работ на предмет их промышленной разработки, например, на месторождениях мелкого и тонкого золота.

Формула изобретения

1. Способ обогащения, заключающийся в исключении на калибровочном решете приемного бункера из исходной горной массы пустой породы, превышающей по размеру максимальный размер частиц извлекаемого минерала, определяемый лабораторными анализами исходной горной массы, дальнейшей постадийной переработке подрешетного продукта на, по крайней мере, одном гидравлическом грохоте с применением различного типа калибровочных решет – конического, параболического или ломаного – для регулирования времени прохождения обрабатываемой массы по поверхности решета

гидрогрохота, затем на сгустителях, высокопроизводительных концентраторах и доводке концентрата до состояния чистого минерала на комплексе магнитожидкостной сепарации, отличающийся тем, что горную массу калибруют на решетке приемного бункера до размеров 20-60 мм и в смеси с водой грунтовым, песковым или струйным насосом подают в многоканальную улитку, установленную над калибровочным решетом гидрогрохота, откуда по нескольким 1...L каналам равномерными потоками распределяют и расслаивают по всей поверхности гидрогрохота, обеспечивая протирание гидросмеси в процессе прохождения по поверхности решета гидрогрохота, причем, в зависимости от гранулометрического и литологического состава исходной горной массы, а также размеров выделяемого полезного минерала, по крайней мере, одно коническое, параболическое или ломаное решето гидрогрохота выполняют с калибровочными отверстиями разного диаметра, причем подрешетный продукт последнего гидрогрохота направляют в "сотовый" пульповод, набранный из "труб-сот", в каждой из которых установлено несколько 1..k отсекаелей, при этом регулируют расход выводимой из отсекаелей пульпы с обогащенным концентратом и глубину отсекаеля по направлению движения потока пульпы заслонкой рычажного типа, смонтированной в монолитном корпусе отсекаеля под донным отверстием в пульповоде.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при обработке исходной горной массы с большим удельным весом перед каждым отсекаелем на сотовом пульповоде устанавливается электромагнитный, электромеханический или другого типа вибратор с переменным по направлению к потоку пульпы вектором силового импульса, за счет переменного угла установки вибратора, а также с регулируемой величиной и частотой силового импульса.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что определяются лабораторными анализами гранулометрический состав по стандартным классам и содержание по классам выделяемого полезного минерала (металла), содержащегося в перерабатываемой горной массе в свободном, химически не связанном мелкодиспергированном виде, а также гранулометрический и литологический состав вмещающей извлекаемый минерал (металл) горной породы.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходная горная масса бульдозером или по транспортной схеме подается на стол гидровашгерда, где смешивается с водой, подаваемой гидромонитором и под действием гравитационной силы калибруется до размера 20-60 мм.

5. Способ по п. 4, отличающийся тем, что подрешетный продукт гидровашгерда струйным, грунтовым или песковым насосом подается по напорному пульповоду в многоканальную улитку со скоростью, превышающей критическое значение скорости для пульповода данного диаметра, определяемой по формуле:

$$V_{кр} = 10 \times \sqrt[3]{D_{п}} \times \sqrt[4]{\omega \times \left\{ \frac{\rho_{см}}{\rho_o} - 0.4 \right\}},$$

где

$V_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с;

$D_{п}$ – внутренний диаметр трубы напорного патрубка, м;

ω – гидравлическая крупность частиц твердой фазы гидросмеси, м/с;

$\rho_{см}$ – плотность подаваемой гидросмеси, т/м³;

ρ_o – плотность воды, т/м³.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в случае технологической необходимости процесс калибровки повторяют необходимое количество раз в необходимом количестве 1...n гидравлических грохотов, подавая подрешетный продукт

из предыдущего гидравлического грохота в последующий гидравлический грохот песковым, грунтовым или струйным насосом.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что каждую из "труб-сот" пульповода выполняют в виде линейного или линейно-кольцевого наклонного пульповода, при этом общую площадь сечения "сотового" пульповода определяют по формуле:

$$F_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ГР}}}{3600 \times V_{\text{ср}}},$$

где $F_{\text{общ}}$ – общая площадь сечения "сотового" пульповода, м²;

$Q_{\text{ГР}}$ – производительность n-го (последнего, в случае применения нескольких) гидравлического грохота, м³/ч;

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

3600 – число секунд в часе,

$$V_{\text{ср}} = (1.3 - 1.5) V_{\text{дон}},$$

где $V_{\text{дон}}$ – донная скорость, т.е. минимальная скорость, при которой происходит перемещение однородных зерен (частиц) любого удельного веса по дну пульповода, определяется по эмпирической формуле:

$$V_{\text{дон}} = 45(\gamma_{\text{п}} - 1) - \frac{44(\gamma_{\text{п}} - 1)}{e^{0.36d}},$$

где $V_{\text{дон}}$ – донная скорость течения, м/с;

$\gamma_{\text{п}}$ – удельный вес частиц, г/см³;

e – основание натуральных логарифмов;

d – размер переносимых частиц, мм; производительность гидравлического грохота, например, с коническим решетом с круглыми калибрующими отверстиями определяется по эмпирической формуле:

$$Q_{\text{ср}} = 1400 \times V_{\text{п}} \times \frac{d_{\text{ср}}}{d} (D_1^2 - D_2^2) \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4,$$

где D_1 – диаметр верхнего сечения решета, м;

D_2 – диаметр нижнего (выходного) сечения решета, м;

$V_{\text{п}}$ – скорость потока пульпы при заходе на решето, м/с;

$d_{\text{ср}}$ – диаметр граничного зерна гидросмеси (пульпы), м;

d – диаметр отверстий решета, м;

K_1 – эмпирический коэффициент, определяющий соотношение суммарной площади отверстий к площади решета;

K_2 – коэффициент, учитывающий концентрацию исходной гидросмеси (пульпы);

K_3 – коэффициент, учитывающий содержание гравия в гидросмеси (пульпе);

K_4 – коэффициент, учитывающий форму отверстий решета.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по величине $F_{\text{общ}}$ определяется величина поперечного сечения одной "трубы-соты" по формуле:

$$F_{\text{сот}} = \frac{F_{\text{общ}}}{m},$$

где $F_{\text{сот}}$ – площадь поперечного сечения одной "трубы-соты", м²;

m – число "труб-сот", шт.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по величине $F_{\text{сот}}$ определяется диаметр одной "трубы-соты" по формуле:

$$D_{cot} = \sqrt{\frac{4F_{cot}}{\pi}},$$

где D_{cot} – диаметр "трубы-соты", м;

π – 3.14.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что длина пульповода от его начала до отсекаателя определяется по формуле:

$$L_{пульп} = \frac{V_{cp} \times D_{cot}}{V_0 \times K_1 \times K_2},$$

где V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде, м/с;

D_{cot} – диаметр одной "трубы-соты", м;

V_0 – скорость осаждения зерна (частицы) в движущемся потоке, м/с;

K_1 – коэффициент, учитывающий ускорение падения частицы в режиме интенсивного перемещения;

K_2 – коэффициент, учитывающий стесненные условия выпадения частицы в придонном слое пульпы;

величина скорости осаждения зерна (частицы) V_0 для переходного от турбулентного к ламинарному режиму движения потока гидросмеси (пульпы) определяется по формуле:

$$V_0 = 0.89 \times d \times \sqrt{(\rho - 1000)^2},$$

где V_0 – скорость осаждения зерна (частицы), м/с;

d – диаметр зерна (крупность), м;

ρ – плотность зерна (частицы), кг/м³;

0.89 – эмпирический коэффициент;

V_{cp} – средняя скорость перемещения потока гидросмеси (пульпы) в пульповоде определяется зависимостью:

$$V_{cp} = \varphi \sqrt{2q \times H},$$

где φ – коэффициент скорости,

$\varphi = 0.82-0.85$;

q – ускорение свободного падения,

$q = 9.81$ м/с²;

H – перепад высот входного и выходного отверстий пульповода, м.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что на каждой из 1... m "труб-сот" на расчетном расстоянии $L_{пульп}$ монтируется отдельный съемный блок отсекаателя, конструкция которого позволяет регулировать расход гидросмеси (пульпы) с обогащенным концентратом и осажденными самородными частицами выделяемого минерала (металла) в пределах 0.1-20 % от расхода потока гидросмеси пульпы по каждой из 1... m "труб-сот" пульповода, где $L_{пульп}$ – длина пульповода от его начала до отсекаателя.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что донное отверстие в пульповоде для каждого отсекаателя выполняют в виде параллельной ленточной щели шириной $b_{щели}$ и длиной $L_{щели}$, размеры которой связаны зависимостью:

$$C \times b_{щели} = (0.001 - 0.2) \times \frac{\pi \times D_{cot}^2}{4},$$

где C – глубина отсекаателя, м;

C – величина переменная (регулируемая);

$b_{\text{щели}}$ – ширина щели, м;

$b_{\text{щели}} = (5-10)d_{\text{max}}$;

d_{max} – максимальный размер отводимых частиц, м;

длина щели отсекаателя выбирается в пределах зависимости:

$$L_{\text{щели}} = (2 - 5) D_{\text{сот}},$$

где $L_{\text{щели}}$ – длина щели, м;

$D_{\text{сот}}$ – диаметр "трубы-соты", м.

13. Способ по п. 11, отличающийся тем, что отдельные блоки отсекаателей соединяются между собой отдельными секциями труб одинакового с трубами корпуса блока отсекаателя диаметра с помощью разъемных фланцевых соединений, а число 1...k отсекаателей, следовательно, и соединительных секций труб определяется лабораторными анализами гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала (металла) на предмет сноса обогащенного концентрата и самородных частиц выделяемого минерала (металла).

14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что под каждым отсекаателем монтируют приемные бункеры для сбора гидросмеси с обогащенным концентратом и самородными частицами минерала или металла.

15. Способ по п. 1, отличающийся тем, что под первым или k-м отсекаателем устанавливается отстойник, в приемном бункере которого накапливается и сгущается способом естественного осаждения твердая фаза гидросмеси (твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала), а жидкая фаза гидросмеси (вода), переливаясь через края приемного бункера, самотеком, безнапорно, поступает в приемную воронку, из которой самотеком, безнапорно, по соединительной магистрали (трубе) поступает в сгуститель.

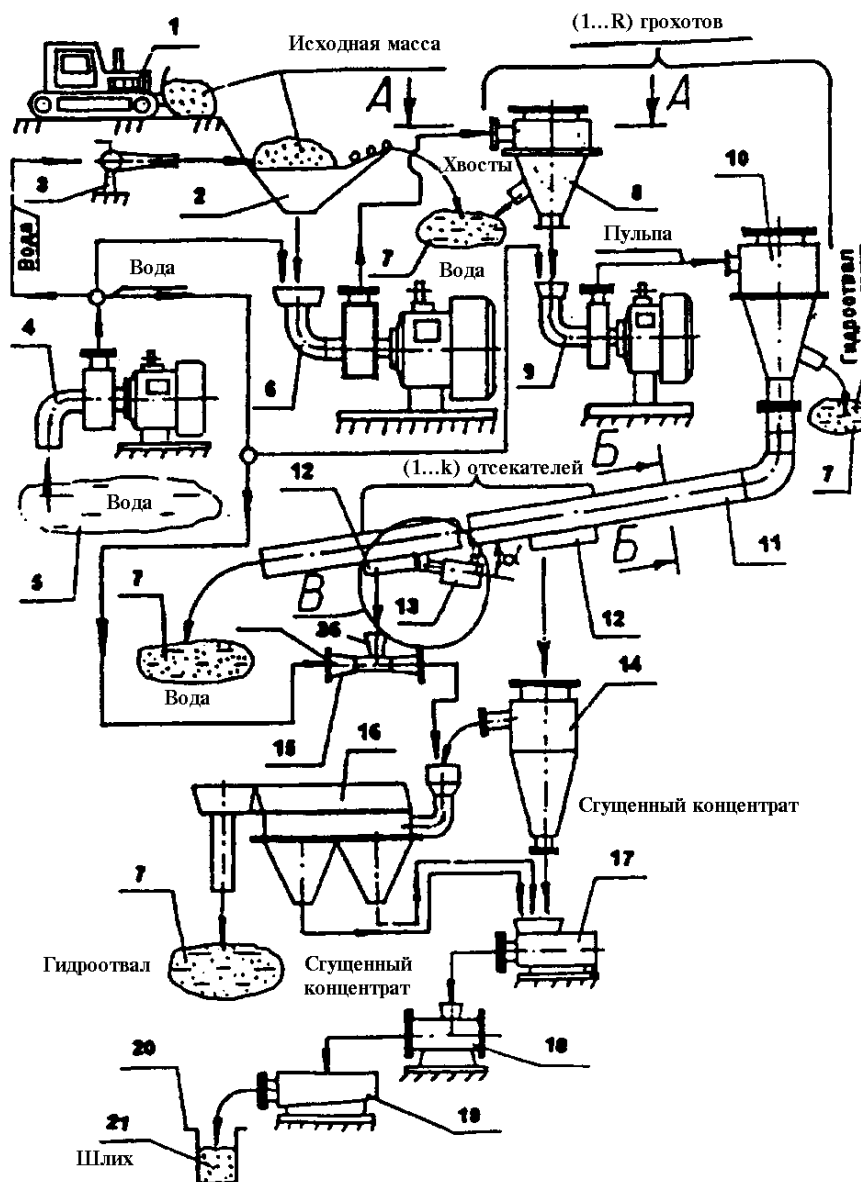
16. Способ по п. 1, отличающийся тем, что под каждым отсекаателем устанавливают отстойник, из которого выносимые особо ценные мелкие и тонкие частицы извлекаемого минерала (металла) выделяют на пресс-фильтре, а осаждаемый концентрат и самородные частицы, поступающие в приемные бункеры, подают из них песковым, грунтовым или струйным насосом в сгуститель.

17. Способ по п. 1, отличающийся тем, что из приемного бункера отстойника после естественного осаждения и сгущения, примерно до соотношения Т:Ж=1:2, твердая фаза гидросмеси (твердые частицы концентрата и самородные частицы выделяемого минерала) через отводной патрубок со шланговой задвижкой поступает самотеком, безнапорно в центробежный концентратор, в котором происходит дополнительное обогащение твердой фазы гидросмеси, которая после сушки доводится до состояния "чистого" шлиха на комплексе магнитно-жидкостной сепарации, что позволяет значительно увеличить извлекаемость мелкого и тонкого минерала (металла, например, золота) размером от 5-10 мкм и выше, при этом в центробежном концентраторе обрабатывается и осадок из накопительного бункера сгустителя, в котором накапливаются выделяемые методом осаждения мелкие и тонкие частицы полезного выделяемого минерала, выносимые потоком воды из отстойника.

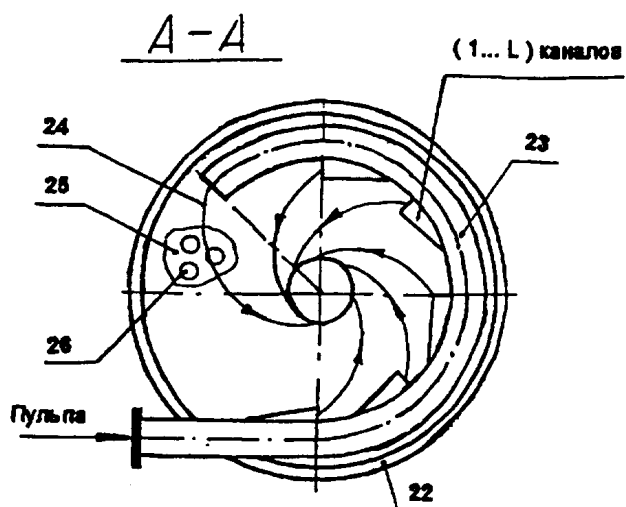
18. Способ по п. 1, отличающийся тем, что концентрат и самородные частицы выделяемого минерала, выводимые из отстойника, могут подвергаться дальнейшей технологической обработке, например, методом цианирования, кучного выщелачивания или поступать на обогатительную фабрику.

19. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сброс гидросмеси из "сотового" пульповода происходит через концевые секции, присоединенные к k-му последнему блоку отсекаателя каждой "трубы-соты", при этом длина концевой секции берется равной

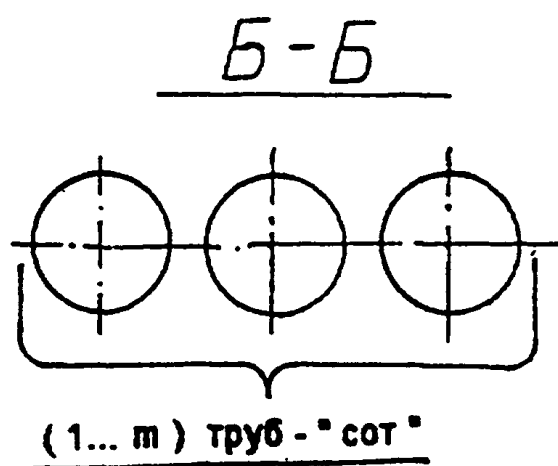
0.5 L_{пульп} и монтируется к блоку отсекаателя посредством фланцевого разъема, закрепленного болтовыми соединениями.



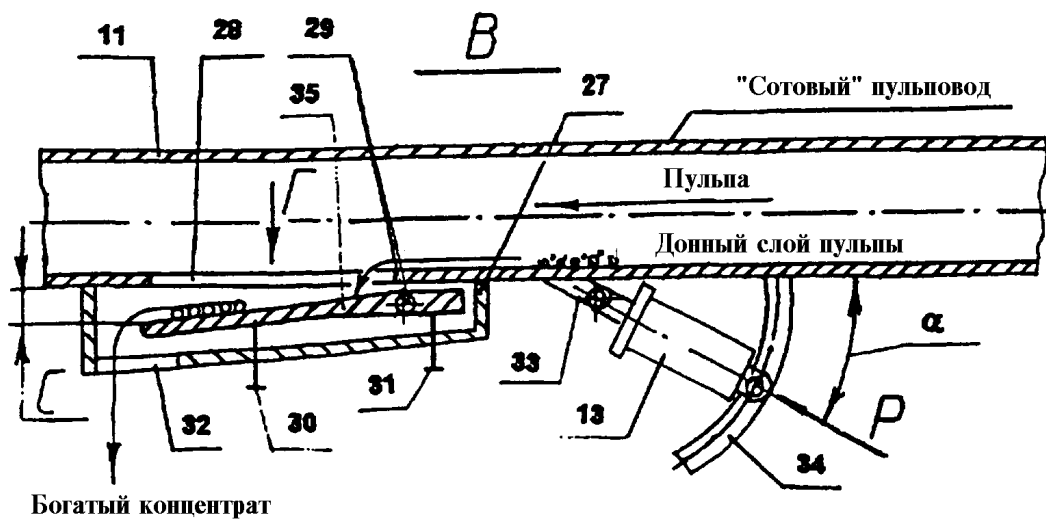
Фиг. 1



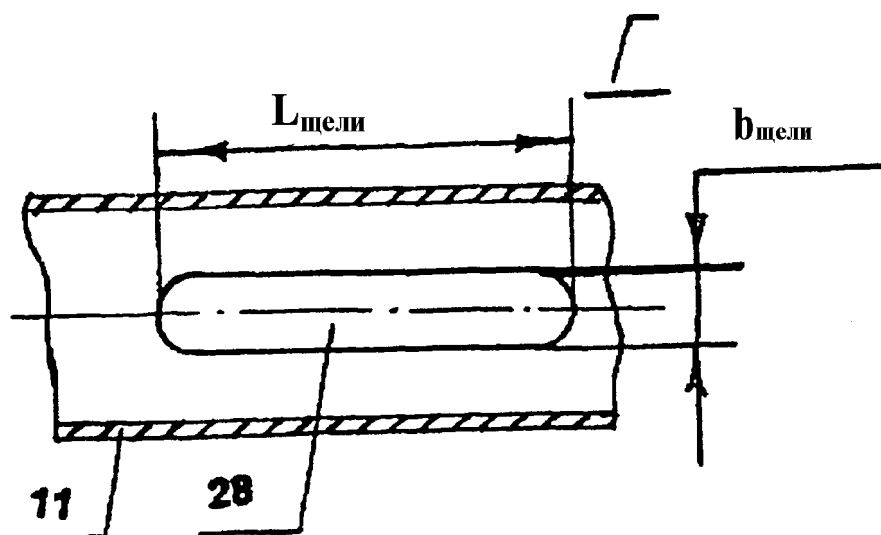
Фиг. 2



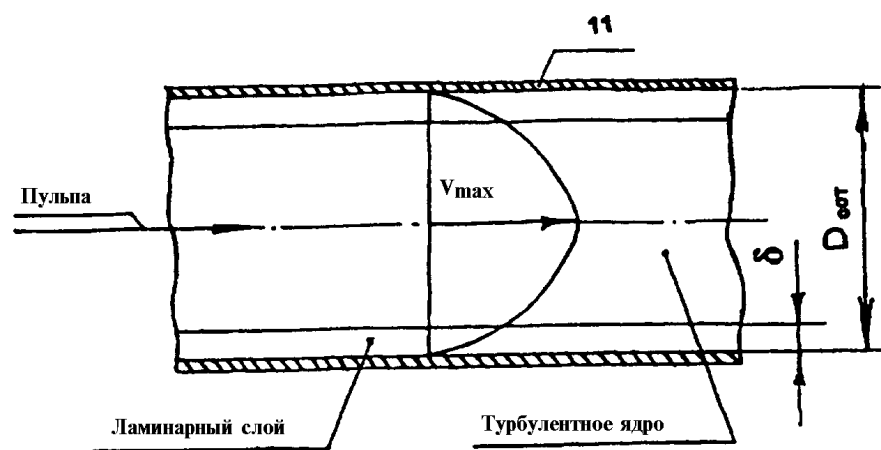
Фиг. 3



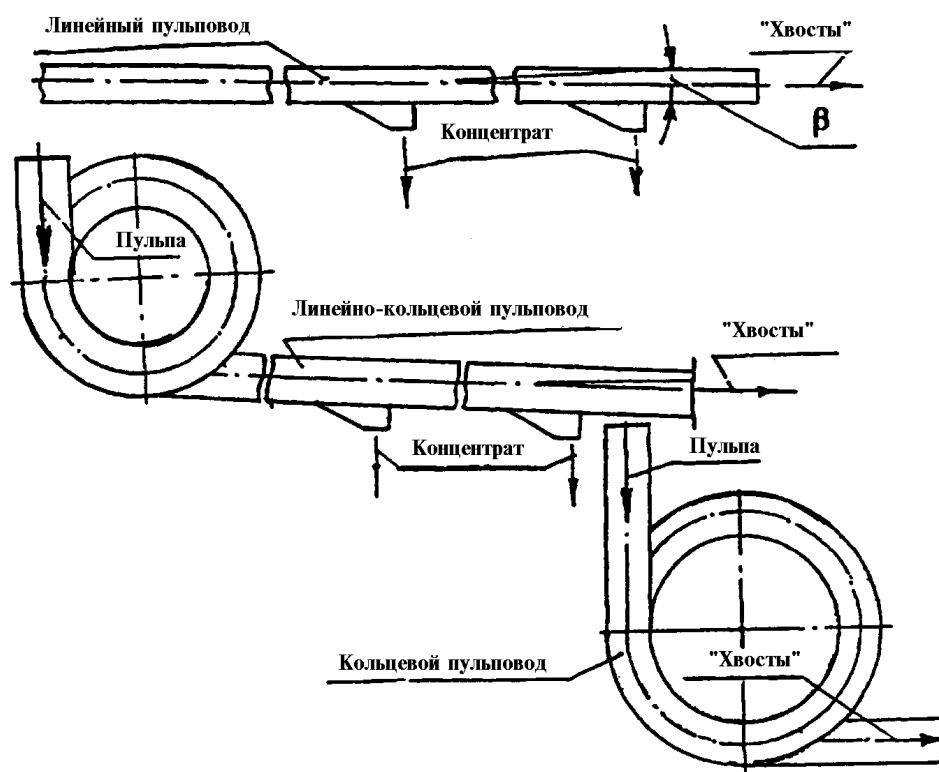
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Составитель описания
Ответственный за выпуск

Солобаева Э.А.
Арипов С.К.

Кыргызпатент, 720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03