

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037001**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2021.01.26**

**(51)** Int. Cl. **B03D 1/02** (2006.01)  
**B03D 1/14** (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201990281**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2017.07.28**

---

**(54) ФЛОТАЦИОННАЯ ЛИНИЯ И СПОСОБ ФЛОТАЦИИ**

---

**(31)** PCT/FI2016/050552

**(32)** 2016.08.05

**(33)** FI

**(43)** 2019.07.31

**(86)** PCT/FI2017/050559

**(87)** WO 2018/024945 2018.02.08

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)**

**(72)** Изобретатель:  
**Бурк Питер Джерард (AU), Ринне  
Антти (FI), Коулман Роб (AU)**

**(74)** Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В. (RU)**

**(56)** US-A-1415105  
EP-A1-1622724  
US-A1-2008149536  
WO-A2-2007082317  
DE-A1-10329883  
US-A-5965857  
US-A-3037626

---

**(57)** Изобретение относится к флотационной линии для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в суспензии, содержащей по меньшей мере три флотационные установки, расположенные в проточном соединении друг с другом для обеспечения потока суспензии под действием силы тяжести между флотационными установками, и загрузочное отверстие для подачи суспензии в первую флотационную установку, при этом по меньшей мере три флотационные установки выполнены унипланарными, причем каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, при этом высота (H) переливного края каждой унипланарной флотационной установки ниже, чем высота (H) переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии, так что между первой унипланарной флотационной камерой, имеющей переливной край и объем более 150 м<sup>3</sup>, и последней унипланарной флотационной камерой, имеющей переливной край и объем более 40 м<sup>3</sup>, образован угол наклона β, причем указанный угол β составляет от 1,5 до 10° относительно горизонтали. Изобретение также относится к способу флотации.

---

**037001 B1**

**037001 B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к флотационной линии и способу флотации для отделения частиц руды, содержащей ценный металл, от частиц руды, взвешенных в суспензии.

### Сущность изобретения

В одном аспекте предлагается флотационная линия для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в суспензии. Флотационная линия содержит по меньшей мере три флотационные установки, расположенные в проточном соединении друг с другом для обеспечения вызванного гравитацией потока суспензии между этими установками, и загрузочное отверстие для подачи суспензии в первую флотационную установку, при этом по меньшей мере три флотационные установки выполнены унипланарными. Каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, так что каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую переливной край, по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую смесительное устройство, и по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую механизм подачи дисперсного газа. Кроме того, каждая флотационная камера, имеющая переливной край, содержит выпускное отверстие для суспензии, выпускное отверстие для хвостов и выпускное отверстие для концентрата. Кроме того, высота переливного края каждой унипланарной флотационной установки ниже, чем высота переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии, так что между первой унипланарной флотационной камерой, имеющей переливной край и объем более  $150 \text{ м}^3$ , и последней унипланарной флотационной камерой, имеющей переливной край и объем более  $40 \text{ м}^3$ , образуется угол  $\beta$  наклона. Угол  $\beta$  составляет от  $1,5$  до  $10^\circ$  относительно горизонтали, причем угол  $\beta$  рассчитывается из соответствующих положений плоскости переливного края указанных флотационных камер.

Технические результаты от использования изобретения включают, во-первых, то, что унипланарность по меньшей мере трех флотационных установок увеличивает темпы строительства, упрощает планирование и строительство и, таким образом, снижает затраты. Во-вторых, разница высот переливных краев в пределах унипланарного участка флотационной линии создает угол наклона к потоку материала по всей длине унипланарной флотационной линии. Угол  $\beta$  определяется как угол между горизонтальной линией и линией, проходящей через соответствующие положения на высоте переливного края первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , и последней унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $40 \text{ м}^3$ . Линия проведена как проекция длины  $L$  флотационной линии, чтобы показать длину флотационной линии в тех случаях, когда флотационные камеры расположены нелинейным образом. Длина  $L$  измеряется от внутренней стенки первой унипланарной флотационной камеры в точке, в которой суспензия подается во флотационную камеру, через центр поперечного сечения каждой унипланарной флотационной камеры до внутренней стенки последней унипланарной флотационной камеры в точке, в которой хвосты выпускаются из флотационной линии через выпускное отверстие для хвостов. Угол  $\beta$  составляет от  $1,5$  до  $10^\circ$ .

Унипланарность флотационных установок может обеспечивать преимущества благодаря сокращению инвестиционных затрат, поскольку для развертывания производства требуется меньше подготовительных работ и меньше места. Это может быть особенно выгодно, когда размер флотационной камеры увеличен. Это опять-таки может быть желательно с точки зрения оптимизации производительности процесса при одновременном снижении капитальных затрат на инвестиции.

В-третьих, первая унипланарная флотационная камера имеет объем, равный по меньшей мере  $150 \text{ м}^3$ . Это увеличивает пропускную способность флотационной линии, поэтому на этапе строительства для заданной производственной мощности требуется меньше флотационных камер. Кроме того, при такой конфигурации камер этап строительства сокращается, и, следовательно, общие капитальные затраты снижаются.

В-четвертых, уменьшение высоты переливного края вдоль флотационной линии позволяет регулировать скорость потока материала, при этом угол  $\beta$  указывает на общую скорость потока, которая может быть изменена с помощью дополнительных средств в пределах флотационной линии.

В то же время размер флотационной камеры и/или флотационной установки может быть уменьшен вдоль унипланарной флотационной линии, чтобы обеспечить более эффективное улавливание частиц, содержащих ценный материал, ниже по потоку, где количество этих частиц в суспензии уменьшается. Не ограничивая настоящее изобретение какой-либо конкретной теорией, уменьшение количества частиц, содержащих ценный материал, может быть связано с тем, что наиболее легко улавливаемые частицы, то есть частицы со значительным количеством ценного материала и с подходящими размерами частиц, удаляются уже в первой установке, по меньшей мере, в некоторой степени.

Кроме того, уменьшение высоты переливного края создает градиент гидравлического давления, заставляющий поток суспензии направляться к последнему выпускному отверстию для хвостов флотационной линии. Это может уменьшить потребность в дополнительной перекачке. Кроме того, требования к мощности перекачки могут быть уменьшены, поскольку поток материала направляется вниз по потоку под действием силы тяжести из-за угла наклона, вызванного уменьшением высоты переливного края. Это может применяться даже к вариантам выполнения, в которых проточные соединения между сосед-

ними флотационными камерами во флотационной линии находятся на одном уровне.

Еще один технический результат от использования этой флотационной линии состоит в том, что введение угла наклона позволяет контролировать перелив пены в желоб. Кроме того, может быть уменьшен износ сменных частей системы (впускных отверстий, выпускных отверстий, труб, средств пены, таких как насосы).

В этой заявке применяются следующие определения относительно флотации. Флотация включает в себя явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Термин "флотация" включает в себя все методы флотации. Флотация может быть, например, пенной флотацией, флотацией с растворенным воздухом (DAF) или флотацией с индуцированным газом. Пенная флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс газа, например воздуха. Пенная флотация может быть выполнена на основе естественных гидрофильных/гидрофобных различий или на основе гидрофильных/гидрофобных различий, обусловленных добавлением поверхностно-активного вещества или коллектора. Газ может быть добавлен к исходному сырью, подлежащему флотации (к суспензии или пульпе), несколькими различными способами.

Под флотационной линией в настоящем документе подразумевается агрегат, содержащий по меньшей мере три флотационные установки, которые расположены в проточном соединении друг с другом для обеспечения потока суспензии под действием силы тяжести между флотационными установками. Флотационная линия предназначена для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в суспензии путем флотации. Таким образом, ценные металлосодержащие частицы руды извлекаются из частиц руды, взвешенных в суспензии. Суспензия подается через загрузочное отверстие в первую флотационную установку флотационной линии для запуска процесса флотации. Флотационная линия является частью большего агрегата. Таким образом, как известно специалисту, в рабочем соединении с элементами флотационной линии могут находиться ряд рабочих устройств для предварительной и последующей обработки.

Под флотационной установкой в настоящем документе подразумевается установка для очистки, расположенная во флотационной линии. Она содержит одну или несколько флотационных камер.

Под флотационной камерой в настоящем документе подразумевается резервуар, в котором выполняется этап процесса флотации. Флотационная камера обычно имеет цилиндрическую форму. Флотационные камеры обычно имеют круглое поперечное сечение. Флотационные камеры также могут иметь многоугольное, например прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное или пятиугольное или иное радиально-симметричное поперечное сечение. В настоящем описании диаметр "d" относится к диаметру флотационной камеры, имеющей круглое поперечное сечение. Если форма флотационной камеры отклоняется от круглой, то "d" следует понимать как относящийся к флотационной камере, имеющей соответствующую площадь внутренней поверхности дна. Кроме того, под диаметром "d" в настоящем документе, если не указано иное, подразумевается средний диаметр флотационной камеры между дном и переливным краем.

Может использоваться форма прямоугольной призмы. Таким образом, во многих вариантах выполнения диаметр флотационных камер является постоянным в вертикальном направлении. Другими словами, флотационная камера имеет высоту "h" переливного края и диаметр "d". Флотационная камера содержит дно и боковую стенку. Флотационная камера содержит различные компоненты для выполнения и регулирования процесса флотации. Такие элементы могут включать, например, одно или несколько впускных отверстий и выпускных отверстий, смесительное устройство, переливной край и механизм подачи дисперсного газа.

Количество унипланарных флотационных установок может варьироваться. В одном варианте выполнения флотационная линия содержит от трех до десяти унипланарных флотационных установок или от четырех до семи унипланарных флотационных установок объемом более 40 м<sup>3</sup>. Например, от трех до десяти унипланарных флотационных установок могут использоваться в определенных применениях текущей флотационной линии. В частности, от четырех до семи унипланарных флотационных установок могут использоваться в определенных применениях текущей флотационной линии. Таким образом, возможно, что флотационная линия содержит, например, пять унипланарных флотационных установок. В качестве альтернативы, флотационная линия может содержать восемь унипланарных флотационных установок.

Точно так же, количество флотационных камер может варьироваться. В одном варианте выполнения флотационная линия содержит от трех до десяти унипланарных флотационных камер объемом более 40 м<sup>3</sup> или от четырех до семи унипланарных флотационных камер объемом более 40 м<sup>3</sup>. Например, в определенных применениях текущей флотационной линии могут использоваться от трех до десяти унипланарных флотационных камер. В частности, в определенных применениях текущей флотационной линии могут использоваться от четырех до семи унипланарных флотационных камер. Таким образом, возможно, что флотационная линия содержит, например, пять унипланарных флотационных камер. В качестве альтернативы, флотационная линия может содержать восемь унипланарных флотационных камер.

Соотношение между количеством флотационных установок и флотационных камер зависит от того, сколько флотационных камер содержит каждая флотационная установка. Это снова выбирается специа-

листом в зависимости от специфики каждой реализации флотационной линии и зависит от технико-экономических факторов каждого производственного объекта.

Унипланарные флотационные установки определяют длину  $L$  для флотационной линии. Длина измеряется от внутренней стенки первой унипланарной флотационной камеры в точке, в которой суспензия подается во флотационную камеру, через центр поперечного сечения каждой унипланарной флотационной камеры до внутренней стенки последней унипланарной флотационной камеры в точке, в которой хвосты выпускаются из флотационной линии через выпускное отверстие для хвостов.

В одном варианте выполнения флотационной линии флотационные камеры, составляющие по меньшей мере 80% объема унипланарных флотационных камер, имеют соотношение  $(h/d)$  высоты переливного края и диаметра камеры менее 1,2, или менее 1,0, или от 0,4 до 0,9. В одном варианте выполнения флотационной линии унипланарные флотационные камеры, содержащие переливной край и объем которых превышает  $150 \text{ м}^3$ , имеют соотношение  $(h/d)$  высоты переливного края и диаметра камеры менее 1,2 или менее 1,0 или от 0,4 до 0,9.

Соотношение  $(h/d)$  высоты переливного края и диаметра камеры флотационных камер может варьироваться, при этом выбор оптимального расположения для каждого применения должен быть сделан с технико-экономической точки зрения, чтобы получить функциональный процесс. Однако соотношение  $h/d$  менее 1,2 может обеспечивать преимущества. Увеличение диаметра позволяет соорудить нижнюю флотационную камеру при сохранении ее объема. Это опять-таки отражается в простоте сооружения, поскольку подлежащая сооружению конструкция ниже, что опять-таки благоприятно сказывается на темпе строительства.

Высота  $h$  переливного края флотационной камеры измеряется от самого нижнего функционального положения днища флотационной камеры до переливного края. Днище флотационной камеры - это конструкция внутри флотационной камеры, ограничивающая флотационную камеру снизу. Таким образом, под днищем в настоящем документе подразумевается внутреннее дно флотационной камеры, если не указано иное. Днище обычно горизонтальное и выполнено в виде плоской или вогнутой конструкции. В некоторых применениях днище может быть наклонено. Под самым низким функциональным положением днища в настоящем документе понимается самое низкое положение внутри флотационной камеры, в которой перемещается суспензия. Если флотационная камера содержит плоское горизонтальное днище, его нижнее функциональное положение следует интерпретировать как центр днища.

Флотационная установка может содержать две флотационные камеры. В качестве альтернативы, флотационная установка может содержать три флотационные камеры. Каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую переливной край. Каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую смесительное устройство. Каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую механизм подачи дисперсного газа.

Например, возможно, что флотационная установка содержит одну флотационную камеру. В таком случае указанная одна флотационная камера содержит переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа. В одном варианте выполнения флотационной линии заданная унипланарная флотационная камера имеет переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа. Во флотационной установке, содержащей более одной флотационной камеры, могут также иметься одна или несколько унипланарных флотационных камер, имеющих переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа. Технический результат от включения в одну флотационную камеру флотационной камеры, имеющей переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа, заключается в том, что использование флотационной камеры одного типа повышает эффективность производства и темп строительства. Это также может позволить рационализировать работы по техническому обслуживанию и упростить прогнозирование запасных частей, уменьшая, тем самым, время простоя флотационной линии.

В случае, если флотационная установка содержит две флотационные камеры, то они могут быть названы первой флотационной камерой и второй флотационной камерой, причем первая флотационная камера является первой в направлении потока суспензии. Возможно, что обе флотационные камеры содержат переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа. Кроме того, возможно, что во флотационной установке, содержащей две флотационные камеры, первая флотационная камера содержит смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа, а вторая флотационная камера содержит переливной край. Флотационная установка также может содержать три флотационные камеры. В таком случае за первой и второй флотационными камерами в направлении потока суспензии следует третья флотационная камера, а переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа могут быть разделены между флотационными камерами различными способами. Например, все флотационные камеры могут содержать переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа. В качестве альтернативы, вторая и третья флотационные камеры могут содержать переливной край и, возможно, смесительное устройство и/или механизм подачи дисперсного газа. Первая флотационная камера в таком случае может содержать смесительное устройство и/или механизм подачи.

Флотационная установка имеет высоту "Н" переливного края. Другими словами, если флотационная установка содержит две или большее количество флотационных камер, содержащих переливной край, то переливные края параллельны друг другу в вертикальном направлении. Подчеркивается, что, если флотационная установка содержит две или большее количество флотационных камер, высота "Н" переливного края флотационных камер не должна быть одинаковой. Другими словами, днища двух или большего количества флотационных камер во флотационной установке могут находиться на разных уровнях в вертикальном направлении, но переливные края расположены на одном и том же вертикальном уровне.

В настоящем документе под переливным краем подразумевается периферийный край флотационной камеры в верхней части камеры, через который переливной поток пены с частицами ценного материала стекает в желоб. Собранный материал затем выгружается для дальнейшей обработки. В большинстве вариантов выполнения переливной край горизонтален по всей своей длине. Однако в некоторых применениях могут потребоваться отклонения от горизонтального направления.

Каждая флотационная камера, имеющая переливной край, содержит выпускное отверстие для суспензии, выпускное отверстие для хвостов и выпускное отверстие для концентрата. Суспензия, подлежащая флотации, поступает во флотационную камеру через выпускное отверстие для суспензии. Суспензия, из которой по меньшей мере часть частиц, содержащих ценный материал, удаляется путем флотации, выпускается из флотационной камеры через выпускное отверстие для хвостов. Выпускное отверстие для концентрата используется для выгрузки собранного ценного материала, содержащего то, что перелилось через переливной край и направилось на дальнейшую переработку.

В настоящем изобретении высота переливного края каждой из унипланарных флотационных установок ниже высоты переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии. Это означает, что первая унипланарная флотационная установка задает наибольшую высоту переливного края флотационной установки.

Под смесительным устройством в настоящем документе подразумевается любое подходящее средство для перемешивания суспензии внутри флотационной камеры. Смесительное устройство может представлять собой механическую мешалку. Механическая мешалка может содержать ротор-статор с двигателем и приводной вал. В одном варианте выполнения флотационной линии по меньшей мере 80% объема унипланарных флотационных камер, содержащих смесительное устройство, перемешивается механической мешалкой. Технический результат от использования такой конструкции заключается в том, что обеспечивается достаточный поток суспензии, что повышает надежность системы, содержащей флотационные камеры объемом более  $150 \text{ м}^3$ , и уменьшает перерывы в работе.

Под механизмом подачи дисперсного газа подразумевается любое подходящее средство для введения газа в суспензию внутри камеры для выполнения флотации. Газ может представлять собой, например, воздух или азот. Как известно в данной области техники, механизм подачи дисперсного газа может быть расположен в соединении с ротором и/или статором или в виде отдельного средства подачи в нижней части камеры.

Проточное соединение между флотационными камерами и флотационными установками может быть непосредственным, то есть две флотационные камеры (принадлежащие одному или разным флотационным узлам) могут быть непосредственно примыкать друг к другу. В качестве альтернативы, две флотационные камеры могут быть расположены на расстоянии друг от друга и соединены через трубу, канал или другие средства, известные в данной области техники. Проточное соединение между флотационными камерами может содержать различные механизмы регулирования.

В соответствии с настоящим изобретением по меньшей мере три флотационные установки во флотационной линии являются унипланарными. Флотационная линия может содержать дополнительные флотационные установки или флотационные камеры, которые не являются унипланарными. Такие флотационные установки или камеры могут быть расположены перед по меньшей мере тремя унипланарными флотационными установками или после них.

Под унипланарностью в настоящем документе подразумевается, что днища флотационных камер в указанных по меньшей мере трех унипланарных флотационных установках расположены в вертикальном диапазоне U, измеренном от уровня днища первой флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $150 \text{ м}^3$ . U определяется из уравнения  $U = \pm \tan 1^\circ \times (\text{расстояние между самым нижним функциональным положением первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий } 150 \text{ м}^3, \text{ и самым нижним функциональным положением последней унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий } 40 \text{ м}^3)$ .

Другими словами, две линии, начиная с самого нижнего функционального положения днища первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , проходят вдоль длины флотационной линии. Первая линия проходит под углом  $1^\circ$  относительно горизонтали, а вторая линия - под углом  $-1^\circ$  относительно горизонтали. Принимаются во внимание последующие флотационные установки, у которых высота Н переливного края уменьшается и которые имеют объем более  $40 \text{ м}^3$ , и чьи днища, по меньшей мере, частично находятся внутри сектора, образованного указанными двумя линиями. Высоты, на которых линии пересекают вертикальную линию, пересекаю-

щую самое нижнее функциональное положение поперечного сечения последней флотационной камеры, определяют самый верхний и самый нижний уровни диапазона  $U$ . Если флотационные камеры имеют плоское горизонтальное днище, то его самое нижнее функциональное положение должно быть интерпретировано как центр днища.

Например, днища унипланарных флотационных установок могут быть расположены на одном и том же вертикальном уровне, то есть вдоль одной и той же горизонтальной линии. Следует понимать, что, находясь вдоль одной и той же горизонтальной линии, некоторые отклонения могут быть допущены по техническим причинам, связанным с точностью построения флотационной линии. Горизонтальное совмещение днищ флотационных камер позволяет полностью использовать преимущества, обеспечиваемые настоящим изобретением. Тем не менее, преимущества могут быть достигнуты в значительной степени также с помощью системы, в которой флотационные камеры построены унипланарно, в соответствии с данным выше определением.

Высота переливного края первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , и высота переливного края последней унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $40 \text{ м}^3$ , задает угол  $\beta$  наклона. Угол  $\beta$  составляет от  $1,5$  до  $10^\circ$  относительно горизонтали. В одном варианте выполнения флотационной линии угол  $\beta$  составляет от  $2$  до  $6^\circ$ . Например, угол может быть равен  $3^\circ$ . Технический результат от регулировки угла  $\beta$  наклона заключается в том, что свойства конкретного рассматриваемого применения могут выиграть от умеренного наклона. Это помогает упростить конструкцию расположенных ниже по потоку флотационных камер, поскольку при уменьшении высоты переливного края флотационной установки необходимо учитывать его влияние на объем и диаметр флотационных камер, тогда как также имеется влияние на динамику потока суспензии и, следовательно, на эффективность восстановления ценного материала.

Угол  $\beta$  рассчитывают из соответствующих положений первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , и высоты переливного края последней унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край и объем, превышающий  $40 \text{ м}^3$ . Например, могут использоваться центральные точки поперечного сечения флотационных камер на уровне переливного края. В качестве альтернативы, можно использовать первые точки на окружности в направлении длины флотационной линии на уровне переливного края каждой камеры. Также могут использоваться соответствующие последние точки. Нет необходимости, чтобы две флотационные камеры, используемые для расчета, имели одинаковый диаметр или даже одинаковую форму поперечного сечения. В одном варианте выполнения флотационной линии угол  $\beta$  вычисляется из центра плоскости переливного края указанных флотационных камер.

В одном варианте выполнения флотационной линии высота  $H$  переливного края каждой унипланарной флотационной установки по меньшей мере на  $400 \text{ мм}$ , предпочтительно на  $600 \text{ мм}$  ниже высоты  $H$  переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки. Например, высота  $H$  переливного края каждой из унипланарных флотационных установок по меньшей мере на  $400 \text{ мм}$  ниже высоты  $H$  переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки. В качестве другого примера высота  $H$  переливного края каждой унипланарной флотационной установки по меньшей мере на  $600 \text{ мм}$  ниже высоты  $H$  переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки. Например, высота  $H$  переливного края каждой из унипланарных флотационных установок на  $500$  или  $600 \text{ мм}$  ниже высоты  $H$  переливного края предыдущей унипланарной флотационной установки. Чем больше разница высот переливных краев, тем более узкого соединения достаточно для обеспечения проточного соединения между двумя флотационными камерами. Таким образом, использование достаточно большой разницы высот переливных краев позволяет использовать части меньшего размера, упрощая и ускоряя процедуру установки. Кроме того, величина разницы высот переливных краев влияет на громоздкость механизмов управления уровнем суспензии, используемых для дополнительного регулирования потока между флотационными камерами.

В одном варианте выполнения флотационной линии выпускное отверстие для хвостов унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край, соединено с впускным отверстием для суспензии последующей унипланарной флотационной камеры, имеющей смесительное устройство. Такая конструкция приводит к быстрому повторному смешиванию суспензии после образования пены, то есть к выделению части ценного материала. Это опять-таки может уменьшить отложение песка во флотационных камерах и повысить эффективность флотации. Смесительное устройство может быть соединено с механизмом подачи дисперсного газа, чтобы инициировать новый цикл флотации.

В одном варианте выполнения флотационной линии проточное соединение представляет собой непосредственное соединение между выпускным отверстием предыдущей унипланарной флотационной установки и впускным отверстием последующей унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии. Непосредственный контакт уменьшает потребность в трубопроводе между двумя смежными флотационными камерами. Таким образом, это снижает потребность в компонентах при сооружении флотационной линии, ускоряя процесс. Кроме того, это может уменьшить отложение песка и упростить техническое обслуживание флотационной линии.

В одном варианте выполнения флотационной линии проточные соединения между унипланарными флотационными установками, объем которых превышает  $40 \text{ м}^3$ , являются унипланарными. Например, впускные отверстия и выпускные отверстия каждой флотационной камеры могут быть расположены на одном уровне в вертикальном направлении стенки флотационной камеры. Как правило, проточные соединения являются горизонтальными. Тем не менее, могут быть предусмотрены некоторые отклонения от горизонтали при сохранении функциональности проточных соединений. Унипланарное соединение между соседними унипланарными флотационными установками упрощает процедуру установки, поскольку все соединения с флотационными камерами имеют одинаковый размерный диапазон.

Флотационная линия, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, позволяет строить большие флотационные камеры. Флотационная линия может содержать флотационные камеры с объемом в диапазоне  $400, 700, 1000 \text{ м}^3$  или даже больше. В одном варианте выполнения флотационной линии объем по меньшей мере одной унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ . В одном варианте выполнения объем одной унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ . Сооружение одной или нескольких больших флотационных камер может повысить эффективность. Сооружение фундамента большой флотационной камеры требует большего планирования и опыта и, следовательно, медленнее, чем сооружение фундамента для флотационной камеры меньшего размера.

Сооружение большой первой унипланарной флотационной камеры имеет технический результат, заключающийся в том, что темп строительства увеличивается, поскольку объемный материал необходим только в одном месте, а для сооружения флотационных камер по всей флотационной линии может потребоваться меньше координации.

В особенности первая унипланарная флотационная камера, имеющая переливной край, может быть большой, например иметь объем по меньшей мере  $200 \text{ м}^3$ . В одном варианте выполнения флотационной линии объем первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ . Объем первой унипланарной флотационной камеры, имеющей переливной край, также может составлять не менее  $500 \text{ м}^3$ .

В одном варианте выполнения флотационной линии высота  $h$  переливного края первой флотационной камеры, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $6 \text{ м}$ .

Флотационные камеры большего размера могут быть более эффективными и обеспечивать экономию за счет экономии масштаба, поскольку, когда требуется меньшее количество установок во флотационной линии для достижения заданной пропускной способности, капитальные затраты ниже.

Сооружение флотационной камеры или камер второй унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии, меньшей чем флотационная камера или камеры первой унипланарной флотационной установки, может обеспечивать преимущества в плане эффективности, поскольку фундамент флотационной камеры меньшего размера проще построить, чем фундамент флотационной камеры большего размера. В одном варианте выполнения флотационной линии указанная по меньшей мере одна флотационная камера второй унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой унипланарной флотационной установки. В одном варианте выполнения флотационной линии указанная по меньшей мере одна флотационная камера второй унипланарной флотационной установки по меньшей мере на  $10\%$  меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой унипланарной флотационной установки. В еще одном варианте выполнения флотационной линии указанная по меньшей мере одна флотационная камера третьей унипланарной флотационной установки в направлении потока суспензии по меньшей мере на  $30\%$  меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой унипланарной флотационной установки.

Таким образом, технический результат, обеспечиваемый таким вариантом выполнения, состоит в том, что флотационная линия будет содержать меньшее количество флотационных камер с фундаментом. В качестве альтернативы или дополнительно, может быть возможно соорудить большее количество флотационных камер без фундамента. Следовательно, сооружение такой флотационной линии происходит быстрее и материальные затраты по ее сооружению могут быть уменьшены. Результат может быть особенно выраженным, если флотационная камера или флотационные камеры во второй унипланарной флотационной установке по меньшей мере на  $10\%$  меньше, чем в первой унипланарной флотационной установке. Например, возможно, что указанная по меньшей мере одна флотационная камера второй унипланарной флотационной установки будет по меньшей мере на  $20$  или  $30\%$  меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой унипланарной флотационной установки.

Диаметр флотационной камеры влияет на динамику потока суспензии внутри флотационной камеры, что также отражается на характеристиках выбранного смесительного устройства. В одном варианте выполнения флотационной линии по меньшей мере  $80\%$  унипланарных флотационных камер имеют диаметр  $d$ , равный по меньшей мере  $3,5 \text{ м}$ , или по меньшей мере  $80\%$  унипланарных флотационных камер имеют диаметр  $d$ , равный по меньшей мере  $6 \text{ м}$ .

В одном варианте выполнения флотационной линии по меньшей мере  $80\%$  унипланарных флотационных камер имеют диаметр  $d$ , составляющий от  $3,5$  до  $25 \text{ м}$ , или по меньшей мере  $80\%$  унипланарных

флотационных камер имеют диаметр  $d$ , составляющий от 6 до 20 м.

По мере того, как размер флотационной камеры увеличивается, ее диаметр также увеличивается. Это особенно заметно для унипланарных флотационных камер, для которых высота переливного края постепенно уменьшается по длине флотационной линии в направлении потока суспензии. Кроме того, сооружение более широкой флотационной камеры по отношению к ее высоте происходит быстрее и проще.

Таким образом, по меньшей мере 80% унипланарных флотационных камер во флотационной линии могут иметь диаметр не менее 3,5 м. В качестве альтернативы, по меньшей мере 80% унипланарных флотационных камер во флотационной линии могут иметь диаметр, равный по меньшей мере 6 м. Другими словами, например, 80 или 90% унипланарных флотационных камер могут иметь диаметр, равный по меньшей мере 3,5 или 6 м. В такой флотационной линии диаметр большинства флотационных камер превышает пороговое значение. Остальные унипланарные флотационные камеры могут быть больше или меньше.

В некоторых вариантах выполнения диаметр унипланарных флотационных камер варьируется от 3,5 до 25 м. Например, он может варьироваться от 6 до 20 м. В таких вариантах выполнения диаметр по меньшей мере 80% унипланарных флотационных камер имеет значение в указанном диапазоне. Остальные унипланарные флотационные камеры могут быть больше или меньше.

В одном варианте выполнения флотационной линии по меньшей мере 80% объема третьей и последующих унипланарных флотационных установок образовано флотационными камерами, диаметр  $d$  которых составляет по меньшей мере 0,4 или от 0,8 до 1,2, умноженный на среднее значение диаметра унипланарных флотационных камер во второй унипланарной флотационной установке. Поскольку высота переливного края флотационных установок вдоль флотационной линии постепенно уменьшается, в некоторых вариантах выполнения может быть выгодно сохранять диаметр флотационных камер дальше вдоль флотационной линии на заданном уровне относительно второй флотационной установки. Это фактически привело бы к умеренному уменьшению размера флотационной камеры. Например, по меньшей мере 80% объема третьей и последующих унипланарных флотационных установок образовано флотационными камерами, диаметр которых составляет по меньшей мере 0,4, умноженное на среднее значение диаметра унипланарных флотационных камер во второй унипланарной флотационной установке. В особенности, вышеуказанное соотношение может составлять от 0,8 до 1,2. Когда диаметры флотационных камер во флотационной линии имеют значения в пределах указанных выше диапазонов, строительные работы упрощаются, так как подготовительные работы для каждой флотационной камеры могут быть упрощены. Другими словами, могут использоваться схожие строительные технологии и материалы. Кроме того, также возможно размер, необходимый для строительства, выполнять приблизительно одинаковым, что позволяет повторять одинаковые рабочие фазы для более чем одной флотационной камеры. Все это ускоряет строительные работы, так как требуется меньше планирования и наладки.

Для оптимизации процесса извлечения ценных материалов в дополнение к унипланарным флотационным камерам большего размера можно использовать и камеры меньшего размера, до 40 м<sup>3</sup>. Флотационная линия может содержать дополнительные флотационные камеры, которые могут быть еще меньше.

В одном варианте выполнения флотационной линии указанная по меньшей мере одна флотационная камера в унипланарной флотационной установке является камерой пенной флотации.

В одном аспекте раскрыт способ флотации для обработки частиц минеральной руды, суспендированных в суспензии во флотационной линии, выполненной в соответствии с изобретением. Способ включает введение суспензии во флотационную линию, обработку суспензии во флотационных камерах флотационных установок по меньшей мере для частичного извлечения из суспензии частиц, содержащих ценный металл, направление суспензии для прохождения от предыдущей флотационной установки к последующей флотационной установке через проточное соединение, и удаление хвостов из флотационной линии через выпускное отверстие для хвостов последней флотационной установки флотационной линии.

Предложенный способ флотации имеет технический результат, заключающийся в обеспечении универсального извлечения частиц различных размеров. Преимущества, обеспечиваемые конструкцией флотационной линии, позволяют точно регулировать параметры конструкции флотационной линии в соответствии с целевым ценным материалом на каждом объекте.

В одном варианте выполнения способа флотации флотационная линия дополнительно содержит средство предварительной обработки, расположенное выше по потоку от первой унипланарной флотационной камеры, при этом суспензию обрабатывают до введения во флотационную линию.

В одном варианте выполнения способа флотации плотность суспензии, подлежащей обработке, составляет от 1,1 до 1,7 т/м<sup>3</sup>. Суспензию с такой плотностью трудно обрабатывать, поскольку взвешенные в ней частицы обычно тяжелые и имеют абразивную форму. С одной стороны, тяжесть приводит к быстрому оседанию частиц, что делает важным эффективное перемешивание. С другой стороны, абразивность может привести к быстрому износу оборудования при чрезмерных скоростях потока суспензии.

В одном варианте выполнения способа флотации суспензия содержит частицы минеральной руды, имеющие P80 от 10 до 2000 мкм. Обозначение P80 от 10 до 2000 мкм используется в данной области техники и означает, что 80% частиц в суспензии имеют размер от 10 до 2000 мкм. Для определения этого



значения используются общепринятые способы.

Варианты выполнения изобретения, описанные в настоящем документе, могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Несколько из вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать дополнительный вариант выполнения изобретения. Устройство, или способ, или применение, к которому относится изобретение, может содержать по меньшей мере один из вариантов выполнения изобретения, описанных в настоящем документе.

#### **Краткое описание чертежей**

Прилагаемые чертежи, которые включены для обеспечения дальнейшего понимания изобретения и составляют часть этого описания, иллюстрируют варианты выполнения изобретения и вместе с описанием помогают объяснить принципы изобретения.

На чертежах:

фиг. 1 изображает схематический вид иллюстративного варианта выполнения предложенной флотационной линии;

фиг. 2 изображает схематический вид другого иллюстративного варианта выполнения предложенной флотационной линии;

фиг. 3 изображает схематический вид еще одного иллюстративного варианта выполнения предложенной флотационной линии;

фиг. 4 изображает схематический вид еще одного иллюстративного варианта выполнения предложенной флотационной линии;

фиг. 5a-5d изображают схематический вид иллюстративных горизонтальных конструкций предложенной флотационной линии;

фиг. 6a-6e изображают схематический вид иллюстративных вертикальных конструкций предложенной флотационной линии.

#### **Подробное описание изобретения**

Ниже подробно описаны варианты выполнения настоящего изобретения, примеры которого проиллюстрированы на прилагаемых чертежах.

Хотя флотация раскрывается в последующих примерах со ссылкой на пенную флотацию, следует отметить, что принципы в соответствии с изобретением могут быть реализованы независимо от конкретного типа флотации, т.е. способ флотации может быть любым из известных по сути способов флотации, таких как пенная флотация, флотация с растворенным воздухом или флотация с индуцированным газом.

На фиг. 1-4 схематически показана флотационная линия 1. Чертежи приведены не в масштабе, при этом многие компоненты флотационной линии 1 для ясности не показаны. Направление потока суспензии на каждом чертеже из фиг. 1-4 изображено стрелкой и текстом "поток".

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 1, линия 1 содержит четыре унипланарных флотационных установки 2, задающих длину L для унипланарной флотационной линии. На фиг. 1 показан бак 10 для предварительной обработки, при этом могут присутствовать и другие устройства предварительной обработки, относящиеся к более ранним этапам процесса, таким как стирание, измельчение, сортировка. Также могут присутствовать дополнительные флотационные установки, которые не являются унипланарными. Дополнительные устройства могут быть расположены до, после или между унипланарными установками 2.

Бак 10 для предварительной обработки соединен с первой унипланарной флотационной камерой 20 посредством загрузочного отверстия 11 и впускного отверстия 31 камеры. Унипланарные флотационные камеры 20, 21, 22, 23 соединены друг с другом проточными соединениями 3. На фиг. 1 проточное соединение между камерами 20 и 21 выполнено в виде трубопровода, поскольку указанные две флотационные камеры расположены на расстоянии D друг от друга. Суспензия протекает через выпускное отверстие 32 камеры 20 к впускному отверстию 31 камеры 21. Между камерами 22 и 23 расположена соответствующая система, так как они также отделены друг от друга расстоянием D. Напротив, камеры 21 и 22 соединены непосредственным соединением 33, так как камеры 21, 22 находятся рядом друг с другом. Хвосты выходят из флотационной линии 1 через выпускное отверстие 7 для хвостов. Все детали и компоненты проточных соединений между камерами 20, 21, 22, 23 не показаны.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 1, днища 4 всех унипланарных камер 20, 21, 22, 23 находятся на одном вертикальном уровне. Таким образом, все камеры 20, 21, 22, 23 являются унипланарными.

Каждая камера 20, 21, 22, 23 содержит смесительное устройство, содержащее вал 9 и механизм 91 подачи дисперсного газа. Вал расположен вдоль вертикальной центральной линии диаметра камеры 20, 21, 22, 23. Во флотационной камере 20 механизм 91 подачи дисперсного газа расположен сбоку от вала, тогда как в камерах 21, 22, 23 механизм 91 подачи дисперсного газа расположен концентрично с валом 9. Специалист может выбрать подходящий механизм подачи дисперсного газа в соответствии со специфической задачей выполнения. Размер механизма подачи дисперсного газа может варьироваться.

Каждая камера 20, 21, 22, 23 содержит сливной желоб 5, который также содержит переливной край 51 на высоте  $h_{20}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$ ,  $h_{23}$  от днища 4. Переливной край 51 определяет высоту  $H_{20}$ ,  $H_{21}$ ,  $H_{22}$ ,  $H_{23}$  переливного края, которая является самой большой для первой унипланарной флотационной установки 2 и

уменьшается для каждой последующей установки 2 в направлении потока суспензии. Высота  $H$  переливного края флотационной установки может быть вычислена, начиная от самой нижней унипланарной флотационной камеры во флотационной линии или от любой другой подходящей высоты, если это выполняется одинаково по всей флотационной линии. Высота  $H$  переливного края флотационной установки позволяет определить угол  $\beta$ .

Каждая флотационная камера 20, 21, 22, 23 имеет диаметр  $d_{20}, d_{21}, d_{22}, d_{23}$ . Под диаметрами  $d_{20}, d_{21}, d_{22}, d_{23}$  в настоящем документе подразумевается средний внутренний диаметр камеры 20, 21, 22, 23 между самым нижним функциональным положением днища 4 и переливным краем 51. Этот диаметр  $d$  может использоваться для определения эффективного объема камеры 20, 21, 22, 23. Центр камеры 20, 21, 22, 23 на высоте 8 переливного края может использоваться для расчета угла  $\beta$ , как это было сделано в варианте выполнения, изображенном на фиг. 1, а также для определения унипланарности данной камеры 20, 21, 22, 23. Определение угла  $\beta$  изображено линией А, проходящей через центры первой флотационной камеры 20 и последней камеры 23 на высоте переливного края 51.

Диаметр  $d$  камер 20, 21, 22, 23 уменьшается в направлении потока суспензии.

Табл. 1 описывает размеры флотационной линии, представленной на фиг. 1. Как показано в табл. 1, объем первой камеры 20 составляет  $630 \text{ м}^3$ , а объем второй камеры 21 составляет  $200 \text{ м}^3$ . Объем третьей камеры 22 составляет  $130 \text{ м}^3$ , а объем четвертой камеры 23 составляет  $70 \text{ м}^3$ .

Значение, приведенное в столбце высоты в табл. 1 и во всех последующих таблицах, относится к высоте  $h_{20}, h_{21}, h_{22}, h_{23}$  переливного края унипланарной флотационной камеры 20, 21, 22, 23, измеренной от днища 4 флотационной камеры до переливного края 51. Значение, указанное в столбце диаметра, относится к диаметру  $d_{20}, d_{21}, d_{22}, d_{23}$  унипланарной флотационной камеры 20, 21, 22, 23. Перепад - это изменение высоты  $H$  переливного края между двумя последующими унипланарными флотационными установками 2.

Высота переливного края камер 20, 21, 22, 23 постепенно уменьшается вдоль флотационной линии 1 в направлении потока суспензии. Высота переливного края 51 первой унипланарной флотационной камеры 20 составляет 7 м, тогда как высота второй камеры 21 составляет 5,4 м, при этом перепад составляет 1,6 м. Высота переливного края 51 третьей камеры 22 составляет 4,7 м, в результате чего перепад составляет 0,7 м. Высота переливного края 51 четвертой камеры 23 составляет 3,5 м, т.е. на 1,2 м меньше, чем у предыдущей флотационной камеры. Диаметр унипланарных флотационных камер 20, 21, 22, 23 составляет 11 м для первой, 7,2 для второй, 6,4 для третьей и 5,3 для третьей флотационной камеры.

Угол перепада высот переливного края по всей длине  $L$  унипланарной флотационной линии 1 определяется как угол  $\beta$ , рассчитанный по всей длине унипланарной флотационной линии, то есть по длине, по которой поток суспензии проходит по флотационной линии от загрузочного отверстия 11 до выпускного отверстия 7 для хвостов. Угол  $\beta$  в этом примере представляет собой угол между высотой  $H_{20}$  переливного края первой унипланарной флотационной камеры 20 и линией А, проходящей через центр поперечного сечения унипланарной флотационной камеры 20 на высоте переливного края 51 и через соответствующее положение (т.е. центр поперечного сечения флотационной камеры на уровне переливного края) в четвертой унипланарной флотационной камере 23. Угол  $\beta$  унипланарной флотационной линии 1 в этом примере составляет приблизительно  $6^\circ$ .

Таблица 1  
Размеры унипланарной флотационной линии 1, изображенной на фиг. 1

Флотационная камера	Объем $\text{м}^3$	$H$ , мм	$d$ , мм	$D$ , мм	Перепад, мм
1 (20)	630	7000	11000	-	-
2 (21)	200	5400	7200	5900	1600
3 (22)	130	4700	6400	500	700
4 (23)	70	3500	5300	4000	1200
Сумма			29900	10400	3500

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 1, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой диаметров (29900 мм) всех флотационных камер и расстояний (10400 мм) между флотационными камерами, то есть 40300 мм (40,3 м). В этом и во всех последующих примерах расстояние в 500 мм рассчитывается для оборудования, необходимого для регулирования потока суспензии между флотационными камерами, которые находятся непосредственно рядом друг с другом. Поскольку уменьшение (перепад) высоты  $H$  переливного края флотационной установки составляет 3500 мм (3,5 м), угол  $\beta$  равен  $5^\circ$ .

Суспензию направляют в унипланарную флотационную линию 1, пропуская ее через загрузочное отверстие 11, соединенное с выпускным отверстием 31 камеры первой унипланарной флотационной установки 2 флотационной линии 1. Суспензия может проходить через флотационную линию 1 через прочные соединения 3, 33. Хвосты из последней унипланарной флотационной установки 2 флотационной линии 1 выводятся из флотационной линии 1 через выпускное отверстие 7 для хвостов и могут дополнительно обрабатываться традиционным образом.

Вариант выполнения, изображенный на фиг. 2 напоминает вариант выполнения, показанный на фиг. 1, поэтому повторяются не все признаки, представленные на фиг. 1. Вариант выполнения содержит три унипланарные флотационные установки 2, первая из которых содержит одну флотационную камеру 20. Каждая из второй и третьей унипланарных флотационных установок 2 содержит две флотационные камеры 21а, 21б, 22а, 22б. На фиг. 2 днища 4 всех унипланарных флотационных камер 20, 21а, 21б, 22а, 22б расположены на одном вертикальном уровне.

Каждая унипланарная флотационная установка 2 имеет высоту  $H_{20}$ ,  $H_{21}$ ,  $H_{22}$  переливного края. Высота  $h$  переливного края двух флотационных камер 21а, 21б и 22а, 22б в каждой унипланарной флотационной установке 2 одинакова. Однако, если бы днища 4 двух флотационных камер 21а, 21б, 22а, 22б в одной унипланарной флотационной установке находились на разных уровнях, то высота  $h$  переливного края для этих флотационных камер 21а и 21б, 22а и 22б была бы различной, так что высота  $H$  переливного края унипланарной флотационной установки 2 остается однозначной.

Все камеры 20, 21а, 21б, 22а, 22б соединены через непосредственные соединения 33. Таким образом, камеры 20, 21а, 21б, 22а, 22б отделены друг от друга минимальным расстоянием из-за пространства, занимаемого устройством 33 прямого соединения.

Размеры флотационной линии 1, изображенной на фиг. 2, приведены в табл. 2. Объем первой унипланарной флотационной камеры 20, образующей первую унипланарную флотационную установку 2, составляет  $380 \text{ м}^3$ . Объем каждой флотационной камеры 21а, 21б во второй унипланарной флотационной установке 2 составляет  $340 \text{ м}^3$ , тогда как объем флотационных камер 22а, 22б в третьей унипланарной флотационной установке составляет  $300 \text{ м}^3$ . Высота  $H_{20}$  переливного края первой унипланарной флотационной установки 2 составляет 8,61 м. Высота  $H_{21}$  переливного края второй унипланарной флотационной установки 2 ниже на 0,8 м, т.е. составляет 7,81 м. Уменьшение высоты переливного края на 0,71 м, до 7,1 м, также имеет место между второй и третьей унипланарными флотационными установками 2.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 2, диаметр унипланарных флотационных камер остается постоянным на уровне 8 м.

Таблица 2

Размеры флотационной линии 1 на фиг. 2

Флотационная камера	Объем $\text{м}^3$	H, мм	d, мм	D, мм	Перепад, мм
1 (20)	380	8610	8000	-	-
2 (21а)	340	7810	8000	500	800
2 (21б)	340	7810	8000	500	-
3 (22а)	300	7100	8000	500	710
3 (22б)	300	7100	8000	500	-
Сумма			40000	2000	1510

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 2, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой всех диаметров флотационных камер (40000 мм) и расстояний между флотационными камерами (2000 мм), то есть 42000 мм (42,0 м). Поскольку уменьшение (перепад) высоты  $H$  переливного края флотационной установки составляет 1510 мм (1,51 м), то угол  $\beta$  равен  $2^\circ$ .

Угол уменьшения высоты переливного края по всей длине  $L$  унипланарной флотационной линии 1 определяется как угол  $\beta$ , рассчитанный по всей длине  $L$  унипланарной флотационной линии, то есть по длине, по которой поток суспензии проходит по флотационной линии от загрузочного отверстия 11 первой камеры 20 до выпускного отверстия 7 последней камеры 22б. Угол  $\beta$  в этом варианте выполнения представляет собой угол между высотой  $H_{20}$  переливного края первой камеры 20 и линией А, проходящей через центр 8 первой камеры 20 на высоте переливного края 51 и через соответствующее положение последней камеры 22б.

Вариант выполнения, изображенный на фиг. 3, напоминает варианты выполнения, показанные на предыдущих чертежах. В чертеж был включен бак 10 для предварительной обработки. Вариант выполнения содержит четыре унипланарные флотационные установки 2, каждая из которых содержит одну флотационную камеру 20, 21, 22, 23. Проточные соединения между первыми двумя унипланарными флотационными камерами 20, 21 и между двумя последними унипланарными флотационными камерами 22, 23 выполнены как непосредственные соединения 33. Соединение между второй и третьей унипланарными флотационными камерами 21, 22 содержит трубопровод, при этом указанные две унипланарные флотационные камеры разделены расстоянием  $D$ .

В табл. 3 приведены размеры унипланарных флотационных установок 2 для флотационной линии 1, изображенной на фиг. 3. Объем первой унипланарной флотационной камеры 20 составляет  $630 \text{ м}^3$ , а объем последующих унипланарных флотационных камер 21, 22, 23 уменьшается до  $200 \text{ м}^3$ , от 130 и до  $70 \text{ м}^3$ . В то же время высота переливного края 51 уменьшается с 6,6 м для первой унипланарной флотационной камеры 20 соответственно до 5,4 м для второй, до 4,7 для третьей и до 3,7 для четвертой унипланарной флотационной камеры 21, 22, 23. Таким образом, первое уменьшение высоты переливного края 51 составляет 1,2 м, второе - 0,7 м и третье - 1,0 м. Диаметр унипланарной флотационной камеры также

уменьшается с 11,0 м для первой унипланарной флотационной камеры до 7,2 и 6,4 м для второй и третьей и до 5,3 м для четвертой унипланарной флотационной камеры 23.

Таблица 3  
Размеры флотационной линии 1, изображенной на фиг. 3

Флотационная камера	Объем м <sup>3</sup>	H, мм	d, мм	D, мм	Перепад, мм
1 (20)	630	6600	11000	-	-
2 (21)	200	5400	7200	500	1200
3 (22)	130	4700	6400	8000	700
4 (23)	70	3700	5300	500	1000
Сумма			29900	9000	2900

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 3, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой всех диаметров флотационных камер (29900 мм) и расстояний между флотационными камерами (9000 мм), то есть 38900 мм (38,9 м). Поскольку уменьшение высоты (перепада) H переливного края флотационной установки составляет 2900 мм (2,9 м), то угол  $\beta$  составляет 4,3°.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 4, флотационная линия содержит четыре унипланарные флотационные установки 2, каждая из которых содержит одну флотационную камеру 20, 21, 22, 23. Все флотационные установки 2 соединены через трубопровод 3, который имеет разную длину между каждым флотационным узлом 2, отражая разницу в расстоянии D между флотационными установками 2.

В табл. 4 приведены размеры унипланарных флотационных установок 2 для варианта выполнения, изображенного на фиг. 4. Объем первой унипланарной флотационной камеры 20 составляет 775 м<sup>3</sup>, а второй 21-630 м<sup>3</sup>. Объем третьей унипланарной флотационной камеры 22 составляет 200 м<sup>3</sup>, а четвертой 23-70 м<sup>3</sup>. Диаметр первых двух унипланарных флотационных камер 20, 21 составляет 11 м, диаметр третьей унипланарной флотационной камеры 22 составляет 7,2 м, а диаметр четвертой унипланарной флотационной камеры составляет 5,3 м.

Высота  $h_{20}$  переливного края 51 первой унипланарной флотационной камеры 20 составляет 8,91 м, а высота  $h_{21}$  второй унипланарной флотационной камеры 21 составляет 7,0 м при уменьшении высоты на 1,91 м. Высота  $h_{22}$  переливного края 51 третьей унипланарной флотационной камеры 22 составляет 5,4 м, при этом высота уменьшается на 1,6 м. Четвертая унипланарная флотационная камера 23 имеет высоту  $h_{23}$  переливного края 51 в 3,5 м с уменьшением на 1,9 м по сравнению с предыдущей флотационной камерой.

Таблица 4  
Размеры флотационной линии 1, изображенной на фиг. 4

Флотационная камера	Объем м <sup>3</sup>	H, мм	d, мм	D, мм	Перепад, мм
1 (20)	775	8910	11000	-	-
2 (21)	630	7000	11000	3900	1910
3 (22)	200	5400	7200	6800	1600
4 (23)	70	3500	5300	10700	1900
Сумма			34500	21400	5410

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 4, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой диаметров всех флотационных камер (34500 мм) и расстояний между флотационными камерами (21400 мм), то есть 55900 мм (55,9 м). Поскольку уменьшение высоты H переливного края флотационного устройства (перепад) составляет 5410 мм (5,41 м), угол  $\beta$  составляет 5,5°.

На фиг. 5a-d показаны различные иллюстративные горизонтальные расположения флотационной линии 1. Показан только контур поперечного сечения камер 20, 21, 22, 23. Хотя это не видно непосредственно на фиг. 5, все флотационные камеры на чертеже являются унипланарными, так как они используются для расчета длины L. Далее, считается, что все камеры 20, 21, 22, 23, изображенные на фиг. 5, содержат переливной край 51, что делает расположение камер 20, 21, 22, 23 во флотационных установках 2 несущественным для расчета длины L.

На фиг. 5a камеры 20, 21, 22, 23 расположены на одной прямой линии, причем каждое проточное соединение выполнено в виде непосредственного соединения 33.

На фиг. 5b камеры 20, 21, 22, 23 расположены на одной прямой линии, при этом каждое проточное соединение выполнено в виде проточного соединения 3, содержащего трубопровод. Флотационные камеры 20, 21, 22, 23 отстоят друг от друга на расстояние D, которое является самым длинным между флотационными камерами 20 и 21. Однако возможно, что расстояние D между всеми камерами 20, 21, 22, 23 является одинаковым.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 5b, диаметр камер 20, 21, 22, 23 изменяется, так что третья камера 22 имеет наибольший диаметр.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 5c и 5d, камеры 20, 21, 22, 23 расположены криволинейным образом. Такое расположение может быть выгодным, например, из-за профиля местности на

месте установки. Длина  $L$  рассчитывается, начиная от загрузочного отверстия 11 и заканчивая выпускным отверстием 7 для хвостов, проводя линию между впускным отверстием 31 в камеру и выпускным отверстием 32 из камеры через центр камеры 20, 21, 22, 23.

На фиг. 5с камеры 20, 21, 22, 23 соединены непосредственными соединениями 33, тогда как на фиг. 5d проточные соединения 3 содержат трубопроводы. Расстояние  $D$  между флотационными камерами на фиг. 5d изменяется. Также в вариантах выполнения, изображенных на фиг. 5с и 5d, диаметры  $d$  камер 20, 21, 22, 23 могут изменяться, но для простоты они изображены одинакового размера.

На фиг. 6а-6е показаны различные иллюстративные вертикальные расположения флотационной линии 1. Изображен только вертикальный контур камер 20, 21, 22, 23. Проточные соединения 3 между камерами 20, 21, 22а, 22б на фиг. 6 не показаны.

Определение диапазона  $U$  вертикальной унипланарности показано на фиг. 6. Угол  $\pm 1^\circ$  относительно горизонтали используется для проведения двух линий  $B, B'$ , начиная с самого нижнего функционального положения днища 4 первой флотационной камеры 20, которая больше чем  $150 \text{ м}^3$ , имеющей переливной край 51. Первая линия  $B$  показана как восходящая, а вторая линия  $B'$  показана как нисходящая. Расстояние между линиями  $B$  и  $B'$  по вертикальной линии, пересекающей самое нижнее функциональное положение днища 4 последней флотационной камеры 22б, имеющей переливной край 51, и которая больше чем  $40 \text{ м}^3$ , дает диапазон  $U$  вертикальной унипланарности. Все флотационные камеры 21, 22а между флотационными камерами, используемыми для определения диапазона унипланарности, днище 4 которых расположено в пределах диапазона  $U$ , считаются унипланарными, с дополнительным условием, что высота  $H$  переливного края для флотационных установок 2 уменьшается для каждой последующей флотационной установки 2 в направлении потока суспензии.

На фиг. 6 также проиллюстрировано определение угла  $\beta$ . На фиг. 6а, 6б, 6d и 6f центр первой камеры 20, которая больше чем  $150 \text{ м}^3$  и имеет переливной край 51, расположенный на высоте  $H_{20}$  переливного края 51, и центр последней камеры 22б или 22, имеющей переливной край 51 и объем более  $40 \text{ м}^3$ , используются для проведения линии  $A$ , пересекающей эти точки. Угол между  $A$  и горизонталью (показанный высотой  $H_{20}$  переливного края первой флотационной установки 2) определяет угол  $\beta$ .

На фиг. 6с и 6е используются другие соответствующие точки на периферии в направлении длины флотационной линии на уровне переливного края флотационной камеры. На фиг. 6с используется первая точка на периферии каждой камеры 20 и 22 в направлении потока суспензии. На фиг. 6е используется последняя точка на периферии каждой флотационной камеры 20 и 22б в направлении потока суспензии.

На фиг. 6а флотационная линия 1 содержит четыре унипланарные флотационные камеры 20, 21, 22а, 22б, размещенные в трех флотационных установках 2. Каждая из первых двух установок 2 содержит по одной унипланарной флотационной камере 20, 21, то есть камера 20, 21 содержит переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа (не показан). Третья унипланарная флотационная установка 2 содержит две унипланарные флотационные камеры 22а, 22б. Флотационная линия 1 дополнительно содержит устройство 10 для предварительной обработки, которое может быть, например, баком для предварительной обработки или флотационной камерой. В варианте выполнения, изображенном на фиг. 6а, все камеры 20, 21, 22, 23 являются горизонтальными.

На фиг. 6б флотационная линия 1 содержит пять унипланарных флотационных камер 20а, 20б, 21, 22а, 22б, расположенных в трех флотационных установках 2. Камеры 20а, 20б, 22а, 22б, образующие соответственно первую и третью установки 2, горизонтальны. Однако днище 4 камеры 21, образующей вторую флотационную установку 2, выше, чем в других камерах 20а, 20б, 22а, 22б, но находится в пределах диапазона  $U$  вертикальной унипланарности. Поскольку высота  $H$  переливного края флотационных установок уменьшается, а размеры флотационных камер попадают в определенный диапазон, то камеры 20а, 20б, 21, 22а, 22б являются унипланарными.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 6с, флотационная линия 1 содержит четыре камеры 20, 21, 22, 10. Из трех унипланарных флотационных камер 20, 21, 22, каждая из которых образует флотационную установку 2, днища 4 первой и третьей 20, 22 горизонтальны. Днище 4 второй унипланарной флотационной камеры 21 ниже, чем у соседних, но в пределах диапазона  $U$  унипланарности, а высота переливного края 51 флотационных камер 20, 21, 22 уменьшается. Также днище 4 последней флотационной камеры 10 в направлении потока суспензии расположено в пределах диапазона  $U$ , но ее объем составляет менее  $40 \text{ м}^3$ , и, таким образом, она не включена в унипланарную флотационную линию.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 6с, имеется одна флотационная камера 10, находящаяся в конце флотационной линии 1, которая не включена в определение угла  $\beta$ . Однако возможно, чтобы один или оба конца флотационной линии 1 имели более одной дополнительной флотационной камеры 10. Кроме того, возможно, чтобы в этих местах были расположены другие баки 10 для различных дополнительных процессов, связанных с флотацией.

На фиг. 6d флотационная линия 1 содержит три унипланарные флотационные камеры 20, 21, 22, причем каждая из них образует унипланарную флотационную установку 2. Днища 4 унипланарных флотационных установок 2 находятся на одном и том же вертикальном уровне (т.е. они горизонтальны). Флотационная линия 1 дополнительно содержит небольшой дополнительный бак 10, который может

представлять собой флотационную камеру или бак другого типа. Поскольку он меньше чем  $150 \text{ м}^3$ , он не считается унипланарным и не учитывается при расчете угла  $\beta$ . Флотационная линия 1 также содержит две флотационные камеры 10 ниже по потоку от унипланарных флотационных установок 20, 21, 22. Хотя они и больше  $40 \text{ м}^3$ , они не находятся в пределах диапазона унипланарности и, следовательно, не учитываются при расчете угла  $\beta$ .

На фиг. 6е флотационная линия 1 содержит шесть флотационных камер 10, 20, 21а, 21б, 22а, 22б, все днища 4 которых расположены горизонтально. Первая флотационная камера 10 имеет объем менее  $150 \text{ м}^3$ , и поэтому она не считается унипланарной флотационной камерой. Первая унипланарная флотационная камера 20 является второй флотационной камерой во флотационной линии 1 и образует флотационную установку 2. Третья и четвертая флотационные камеры 21а, 21б образуют одну флотационную установку 2, как соответственно пятая и шестая флотационные камеры 22а, 22б. Две последних флотационных установки отличаются от предыдущих тем, что первая камера каждой флотационной установки 21, 22 содержит смесительное устройство и/или механизм подачи дисперсного газа, но не имеет переливной край (не показан). Таким образом, флотационная камера, в соответствии с которой вычисляется высота переливного края флотационной установки 2, является второй камерой 21б, 22б каждой установки 2.

Дополнительные примеры.

В варианте выполнения флотационной линии 1 флотационная линия 1 содержит четыре флотационных установки 2, размеры которых приведены в табл. 5. Первая и третья флотационные установки содержат одну флотационную камеру 20, 22, а вторая и четвертая флотационные установки содержат по две флотационные камеры соответственно 21а, 21б и 23а, 23б. Флотационные камеры расположены в непосредственном проточном соединении 33 друг с другом. Таким образом, расстояние D между каждыми двумя смежными установками 2 приблизительно составляет 500 мм.

Таблица 5

Размеры еще одного варианта выполнения флотационной линии 1, выполненной в соответствии с настоящим изобретением

Флотационная камера	Объем $\text{м}^3$	H, мм	d, мм	Перепад, мм
1 (20)	630	7000	11000	-
2 (21а)	200	5400	7200	1600
2 (21б)	200	5400	7200	0
3 (22)	130	4700	6400	800
4 (23а)	70	3700	5300	1100
4 (23б)	70	3700	5300	0
Сумма			42400	3500

В варианте выполнения, представленном в табл. 5, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой диаметров всех флотационных камер (42400 мм) и расстояний между флотационными камерами ( $5 \times 500 \text{ мм} = 2500 \text{ мм}$ ), в сумме 44900 мм (44,9 м). Поскольку уменьшение (перепад) высоты H переливного края флотационной установки составляет 3500 мм (3,5 м), то угол  $\beta$  составляет  $4,5^\circ$ .

В еще одном варианте выполнения флотационная линия 1 содержит три флотационные установки 2, размеры которых приведены в табл. 6. Все флотационные установки 2 содержат две флотационные камеры соответственно 20а, 20б; 21а, 21б; и 22а, 22б. Флотационные камеры 2 расположены в прямом проточном соединении 33 друг с другом. Таким образом, расстояние D между всеми соседними флотационными камерами приблизительно равно 500 мм.

Таблица 6

Размеры еще одного варианта выполнения флотационной линии 1, выполненной в соответствии с настоящим изобретением

Флотационная камера	Объем $\text{м}^3$	H, мм	d, мм	Перепад, мм
1 (20а)	380	8610	8000	-
1 (20б)	380	8610	8000	0
2 (21а)	340	7810	8000	800
2 (21б)	340	7810	8000	0
3 (22а)	300	7010	8000	800
3 (22б)	300	7010	8000	0
Сумма			48000	1600

В варианте выполнения, представленном в табл. 6, длина унипланарной флотационной линии, таким образом, является суммой диаметров всех флотационных камер 20а, 20б, 21а, 21б, 22а, 22б (48000 мм) и расстояний между флотационными камерами ( $5 \times 500 \text{ мм} = 2500 \text{ мм}$ ), всего 50500 мм (50,5 м). Поскольку уменьшение (перепад) высоты H переливного края флотационной установки составляет 1600 мм (1,6 м), то угол  $\beta$  составляет  $1,8^\circ$ .

Если флотационные камеры 20a, 20b, 21a, 21b, 22a, 22b выполнены таким образом, что они непосредственно примыкают друг к другу, что делает расстояние D несуществующим для практических целей (в настоящем документе приблизительно равным 20 мм), то угол  $\beta$  увеличивается до  $2^\circ$  ( $L=48000 \text{ мм}+5 \times 20 \text{ мм}=48100 \text{ мм}$ ).

Специалисту в данной области техники очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и его варианты выполнения, таким образом, не ограничены примерами, описанными выше, вместо этого они могут варьироваться в рамках формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Флотационная линия для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в суспензии, содержащая

по меньшей мере три флотационные установки, расположенные в проточном соединении друг с другом для обеспечения вызванного гравитацией потока суспензии между флотационными установками, и

загрузочное отверстие для подачи суспензии в первую флотационную установку,

причем днища по меньшей мере трех флотационных установок расположены в пределах вертикального диапазона (U), измеренного от уровня днища первой флотационной камеры, имеющей переливной край и размер, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , причем вертикальный диапазон (U) определяется как расстояние между первой линией (B), проведенной под углом в  $+1^\circ$  относительно горизонтали, и второй линией (B'), проведенной под углом в  $-1^\circ$  относительно горизонтали, причем линии (B, B') начинаются в самом нижнем функциональном положении (8) днища (4) первой флотационной камеры (20), имеющей размер, превышающий  $150 \text{ м}^3$ , и переливной край (51),

при этом каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, так что каждая флотационная установка содержит по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую переливной край, по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую смесительное устройство, и по меньшей мере одну флотационную камеру, имеющую механизм подачи дисперсного газа,

причем каждая флотационная камера, имеющая переливной край, содержит впускное отверстие для суспензии, выпускное отверстие для хвостов и выпускное отверстие для концентрата, и

причем высота (H) переливного края каждой из указанных по меньшей мере трех флотационных установок ниже, чем высота (H) переливного края предыдущей флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок в направлении потока суспензии, при этом высота (H) переливного края определяется переливным краем (51) флотационной камеры флотационной установки в одном и том же положении флотационной установки флотационной линии, так что между горизонтальной линией, проведенной через высоту (H) первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок, и линией (A), проведенной от точки (8) первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок с переливным краем и размером более  $150 \text{ м}$  до соответствующей точки последней флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок с переливным краем и размером более  $40 \text{ м}^3$ , образован угол наклона  $\beta$ ,

при этом указанный угол  $\beta$  составляет от  $1,5$  до  $10^\circ$  относительно горизонтали и вычисляется из соответствующих положений высот переливного края первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок и последней флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

2. Флотационная линия по п. 1, в которой указанный угол  $\beta$  составляет от  $2$  до  $6^\circ$ .

3. Флотационная линия по п. 1 или 2, в которой указанный угол  $\beta$  рассчитывается от центра плоскости переливного края указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

4. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой по меньшей мере 80% объема указанных по меньшей мере трех флотационных установок, содержащих смесительное устройство, перемешивается механической мешалкой.

5. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой заданная флотационная камера указанных по меньшей мере трех флотационных установок имеет переливной край, смесительное устройство и механизм подачи дисперсного газа.

6. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой выпускное отверстие для хвостов флотационной камеры указанных по меньшей мере трех флотационных установок, имеющей переливной край, соединено с впускным отверстием для суспензии последующей флотационной камеры указанных по меньшей мере трех флотационных установок, имеющей смесительное устройство.

7. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой высота (h) переливного края каждой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок по меньшей мере на  $400 \text{ мм}$ , предпочтительно на  $600 \text{ мм}$  ниже высоты (h) переливного края предыдущей флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

8. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой во флотационных камерах, составляющих по меньшей мере 80% объема указанных по меньшей мере трех флотационных установок, соотношение  $h/d$  высоты переливного края и диаметра камеры составляет менее 1,2 или менее 1,0 или от 0,4 до 0,9.

9. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой во флотационных камерах указанных по меньшей мере трех флотационных установок, имеющих переливной край и длину более 150 м, соотношение  $h/d$  высоты переливного края и диаметра камеры составляет менее 1,2 или менее 1,0 или от 0,4 до 0,9.

10. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой объем по меньшей мере одной флотационной камеры указанных по меньшей мере трех флотационных установок, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ .

11. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой объем первой флотационной камеры указанных по меньшей мере трех флотационных установок, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ .

12. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанная по меньшей мере одна флотационная камера второй флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок в направлении потока суспензии меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

13. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанная по меньшей мере одна флотационная камера второй флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок по меньшей мере на 10% меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

14. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанная по меньшей мере одна флотационная камера третьей флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок в направлении потока суспензии по меньшей мере на 30% меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера первой флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

15. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой высота ( $h$ ) переливного края первой флотационной камеры, имеющей переливной край, составляет по меньшей мере 6 м.

16. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой проточное соединение представляет собой непосредственное соединение между выпускным отверстием предыдущей флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок и впускным отверстием последующей флотационной установки из указанных по меньшей мере трех флотационных установок в направлении потока суспензии.

17. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой проточные соединения между флотационными установками из указанных по меньшей мере трех флотационных установок, объемом которых превышает  $40 \text{ м}^3$ , являются унипланарными.

18. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанная по меньшей мере одна флотационная камера в флотационной установке из указанных по меньшей мере трех флотационных установок представляет собой камеру пенной флотации.

19. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанные по меньшей мере три флотационные установки содержат от трех до десяти флотационных установок или от четырех до семи флотационных установок объемом более  $40 \text{ м}^3$ .

20. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой указанные по меньшей мере три флотационные установки содержат от трех до десяти флотационных камер объемом более  $40 \text{ м}^3$  или от четырех до семи флотационных камер объемом более  $40 \text{ м}^3$ .

21. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой по меньшей мере 80% флотационных камер указанных по меньшей мере трех флотационных установок имеют диаметр ( $d$ ), равный по меньшей мере 3,5 м, или по меньшей мере 80% флотационных камер указанных по меньшей мере трех флотационных установок имеют диаметр ( $d$ ) не менее 6 м.

22. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой по меньшей мере 80% флотационных камер указанных по меньшей мере трех флотационных установок имеют диаметр ( $d$ ) от 3,5 до 25 м или по меньшей мере 80% флотационных камер указанных по меньшей мере трех флотационных установок имеют диаметр ( $d$ ) от 6 до 20 м.

23. Флотационная линия по любому из предшествующих пунктов, в которой по меньшей мере 80% объема третьей и дальнейших флотационных установок из указанных по меньшей мере трех флотационных установок образовано флотационными камерами, диаметр ( $d$ ) которых составляет по меньшей мере 0,4 или от 0,8 до 1,2, умноженный на средний диаметр флотационных камер во второй флотационной установке из указанных по меньшей мере трех флотационных установок.

24. Способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в суспензии во флота-

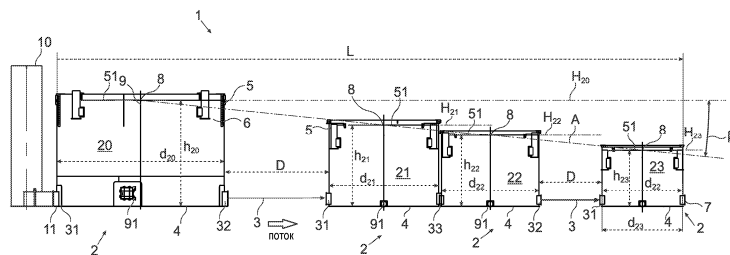


ционной линии, выполненной по любому из пп.1-23, включающий  
 введение суспензии во флотационную линию,  
 обработку суспензии во флотационных камерах флотационных установок, по меньшей мере, для  
 частичного извлечения частиц, содержащих ценный металл, из суспензии,  
 направление суспензии для прохождения от предыдущей флотационной установки к последующей  
 флотационной установке через проточное соединение, и  
 удаление хвостов из флотационной линии через выпускное отверстие для хвостов последней фло-  
 тационной установки флотационной линии.

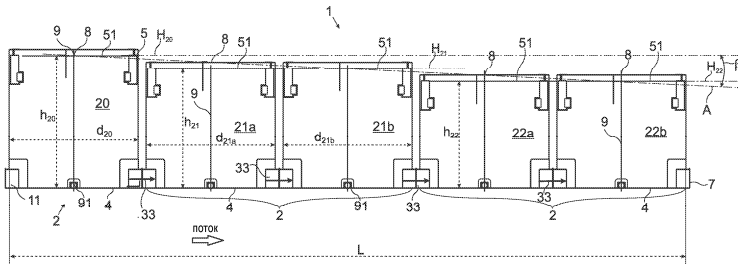
25. Способ флотации по п.24, в котором флотационная линия дополнительно содержит средство для  
 предварительной обработки, расположенное выше по потоку от первой флотационной камеры по мень-  
 шей мере трех флотационных установок, причем суспензию обрабатывают в указанном средстве для  
 предварительной обработки перед введением во флотационную линию.

26. Способ флотации по п.24 или 25, в котором плотность обрабатываемой суспензии составляет от  
 1,1 до 1,7 т/м<sup>3</sup>.

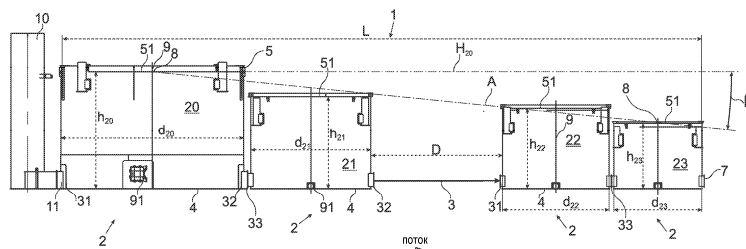
27. Способ флотации по любому из пп.24-26, в котором суспензия содержит частицы минеральной  
 руды, имеющие P80 от 10 до 2000 мкм.



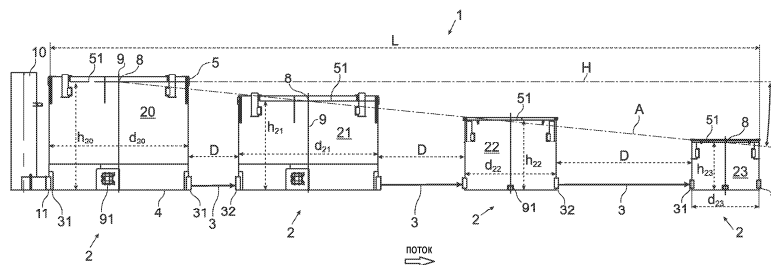
Фиг. 1



Фиг. 2

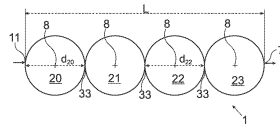


Фиг. 3

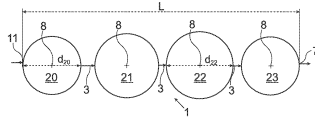


Фиг. 4

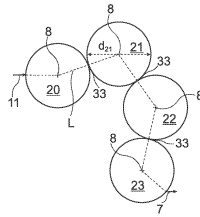
037001



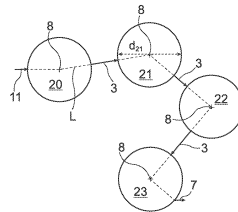
Фиг. 5а



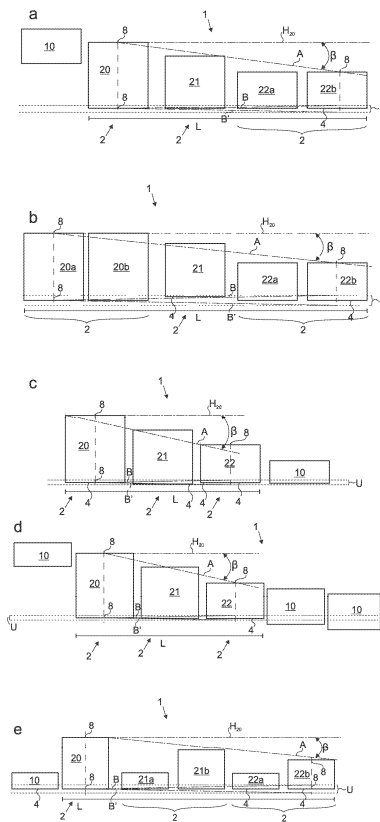
Фиг. 5b



Фиг. 5с



Фиг. 5d



Фиг. 6

