

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2444626

### СПОСОБ СЛОЕВОЙ ОТРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ С ЗАКЛАДКОЙ

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010132498

Приоритет изобретения 02 августа 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 марта 2012 г.

Срок действия патента истекает 02 августа 2030 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2010132498/03, 02.08.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **02.08.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **02.08.2010**(45) Опубликовано: **10.03.2012**

(56) Список документов, цитированных в

отчете о поиске: **RU 2309253 C1,****27.10.2007. SU 754067 A1, 07.08.1980. SU****881323 A1, 15.11.1981. RU 2101498 C1,****10.01.1998. RU 2153073 C2, 20.07.2000. RU****2155868 C2, 10.09.2000. RU 2186981 C1,****10.08.2002. US 3586379 A1, 22.06.1971. US****6851757 B2, 08.02.2005.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия,****2, СПГГИ (ТУ), отдел интеллектуальной****собственности и трансфера технологий****(отдел ИС и ТТ)**

(72) Автор(ы):

**Толстунов Сергей Андреевич (RU),****Мозер Сергей Петрович (RU) (73)**

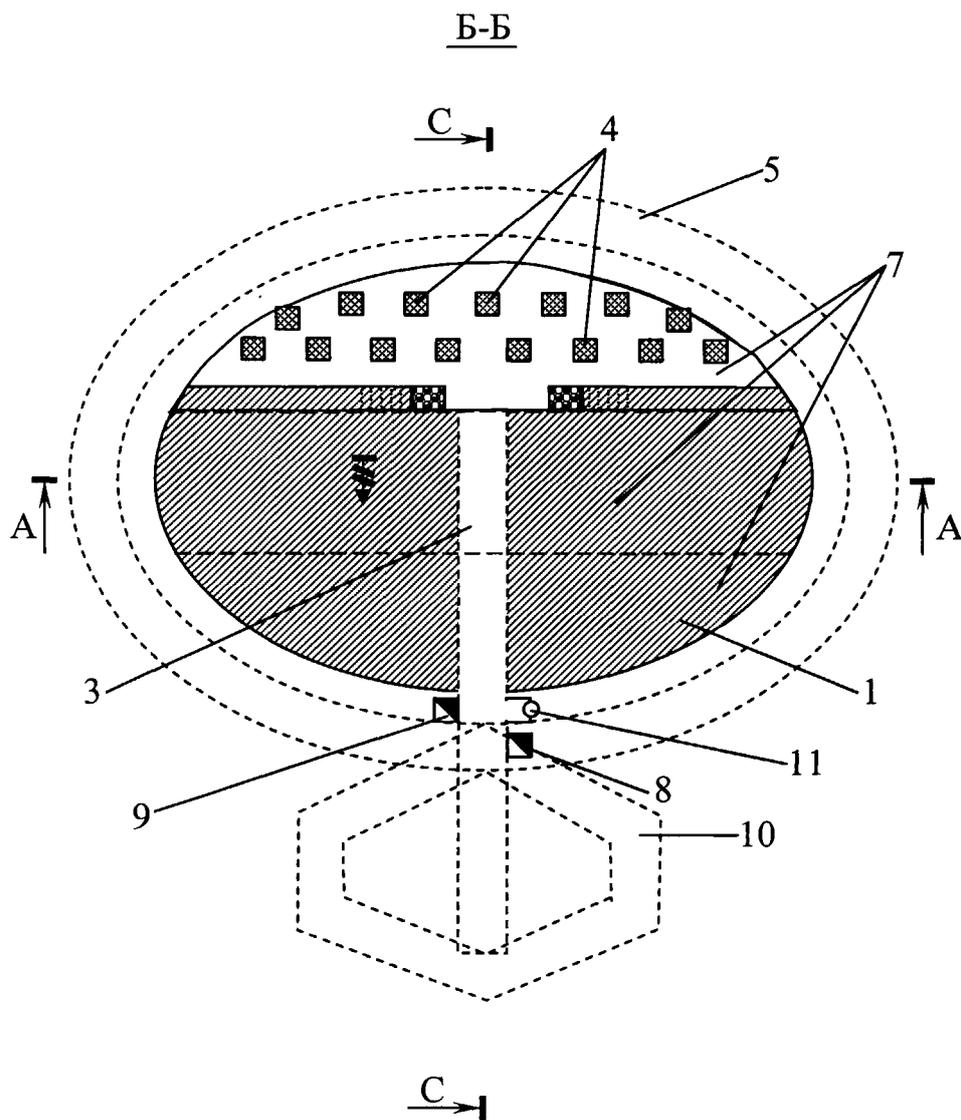
Патентообладатель(и):

**Санкт-Петербургский государственный****горный институт им. Г.В. Плеханова****(Технический университет)**

## (54) СПОСОБ СЛОЕВОЙ ОТРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ С ЗАКЛАДКОЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при разработке крутопадающих рудных тел, в частности кимберлитовых трубок. Техническим результатом является снижение трудоемкости операций способа и повышение скорости отработки запасов. Способ слоевой отработки кимберлитовой трубки включает проходку вентиляционного, откаточного и разрезного штреков, вентиляционного и закладочного восстающих, рудоспуска, слоевую выемку и закладочные работы. При этом каждый слой разбивают в горизонтальной плоскости на несколько участков с равным эквивалентным пролетом кровли. Последовательно обрабатывают и закладывают участки с использованием пневмобаллонной крепи, установленной в шахматном порядке. Перед подачей закладочного материала в отработанный участок слоя пневмобаллонную крепь сдвигают в ряд вдоль границы следующего обрабатываемого участка слоя. Изолируют крепь от отработанного участка слоя с установкой необходимых закладочных перемычек. Подают в отработанный участок закладочный материал до полного заполнения, после чего обрабатывают следующий участок с использованием пневмобаллонной крепи в указанной выше последовательности. 3 ил., 1 табл.



Фиг. 2

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при разработке крутопадающих рудных тел, например кимберлитовых трубок, подземным способом с заполнением выработанного пространства закладочным материалом.

Известен способ отработки кимберлитовой трубки в восходящем порядке и сухой закладкой (патент РФ № 2132461, опубл. 1999.06.27, E21C 41/22). В верхней части выработанного пространства блока выполняют искусственное днище для отработки вышележащего блока в виде каркасов доставочной выработки и камер для выпуска руды, которые временно заполняются инертными материалами, а промежутки между каркасами заполняют твердеющей закладкой. Удаление инертных материалов из каркасов ведут во время оформления днища для обработки блока в вышележащем этаже. Отбойку руды в блоке проводят одновременно из всех скважин на ограниченное компенсационное пространство с обеспечением полного заполнения блока отбитой рудой. Выпуск отбитой руды производят одновременным дозированным включением в работу всех вибропитателей в блоке, при этом производят заполнение освобождающегося очистного пространства сухой закладкой.

Недостатком данного способа является высокая трудоемкость ведения работ, связанная с большим объемом проходки и строительства выработок выпуска.

Известен способ слоевой отработки кимберлитовой трубки в восходящем порядке с закладкой (патент РФ № 2186981, опубл. 2002.08.10, E21C 41/22). Способ включает выемку руды слоевыми рассечками, проходку закладочно-вентиляционных выработок, выемку руды в слоевых рассечках, доставку руды в слое и проведение закладочных работ в слоевых рассечках. В очередном слое проходят разрезной штрек и закладочно-вентиляционные штреки на границе панели, из разрезного штрека под острым углом к его длинной оси комбайном ведут выемку руды в слоевой рассечке под углом 2-15° к горизонту до закладочно-вентиляционного штрека и добытую руду доставляют до разрезного штрека и по разрезному штреку до рудоспуска конвейерами. При переходе комбайна в следующую слоевую

рассечку в отработанной слоевой рассечке ведут закладочные работы, для этого из перепускной восстающей выработки конвейерами подают закладочный материал в виде дробленой горной породы определенного гранулометрического состава и производят заполнение части объема слоевой рассечки поданной дробленой горной породой, при этом ведут вибрационную укладку ее до максимально возможной степени сложения. Затем производят инъецирование в оставшиеся поры заложенного массива твердеющего раствора, после чего повторяют вышеуказанные операции до заполнения слоевой рассечки закладкой в виде дробленой горной породы с порами, заполненными твердеющим раствором. После выемки руды из всех слоевых рассечек панели и заполнения их закладкой ведут выемку руды комбайном из целиков между заложенными слоевыми рассечками, после чего заполнение выработанного объема целиков ведут также дробленой горной породой с последующим инъецированием в нее твердеющего раствора технологическими операциями, используемыми при заполнении слоевых рассечек. После отработки слоя ведут заполнение разрезного и закладочно-вентиляционных штреков дробленой горной породой с использованием ее для транспортировки установленных в них конвейеров, причем укладку дробленой горной породы и последующее инъецирование в нее твердеющего раствора ведут технологическими операциями, которые используют при заполнении слоевых рассечек. Над заполненными закладкой разрезным и закладочно-вентиляционными штреками комбайном проходят разрезной и закладочно-вентиляционные штреки для выемки нового слоя с выдачей попутно добытой руды конвейерами, использованными при отработке предыдущего слоя. После проходки указанных штреков слоя производят перемонтаж конвейеров подъемом и закреплением их к кровле этих пройденных штреков для отработки нового слоя. Недостатком данного способа являются высокая трудоемкость выемки руды в слоевых рассечках, а также высокие материальные и трудовые затраты, связанные с операциями инъецирования сухой закладки.

Известен способ слоевой отработки кимберлитовой трубки в восходящем порядке с закладкой, принятый за прототип (патент РФ № 2309253, опубл. 27.10.2007, E21C 41/22). Способ включает проходку вентиляционного, откаточного, разрезного штреков, вентиляционного и закладочного восстающих, рудоспуска, выемку руды в слоевых рассечках, доставку руды в слое, проведение закладочных работ в слоевых рассечках. Перед началом слоевой выемки этажа в верхней и нижней его частях возводят железобетонные перекрытия, повторяющие форму горизонтального сечения кимберлитовой трубки, опирают их на вмещающие кимберлитовую трубку породы. Перед закладкой каждой слоевой рассечки ее по периметру и длине изолируют гибким перекрытием, закрепляемым по бокам рассечки в кровлю и почву выработки по ее длине анкерной крепью. После закладки рассечки осуществляют выемку руды в соседней рассечке. В качестве гибкого перекрытия можно использовать металлическую сетку-рабицу, полимерную сетку или брезент.

Недостатком данного способа являются высокая трудоемкость выемки руды в рассечках и низкая скорость отработки запасов слоя из-за большого объема операций по закладке каждой рассечки.

Техническим результатом изобретения является снижение трудоемкости операций способа и повышение скорости отработки запасов слоя.

Технический результат достигается тем, что в способе слоевой отработки кимберлитовой трубки с закладкой, включающем проходку вентиляционного, откаточного, разрезного штреков, вентиляционного и закладочного восстающих, рудоспуска, слоевую выемку и доставку руды, закладочные работы, согласно изобретению каждый слой разбивают в горизонтальной плоскости на несколько участков с равным эквивалентным пролетом кровли, последовательно обрабатывают и закладывают их с использованием пневмобаллонной крепи, установленной в шахматном порядке, причем перед подачей закладочного материала в отработанный участок слоя пневмобаллонную крепь сдвигают в ряд вдоль границы следующего обрабатываемого участка слоя, изолируют крепь от отработанного участка слоя с установкой необходимых закладочных перемычек, подают в него закладочный материал до полного заполнения, после чего обрабатывают следующий участок с использованием пневмобаллонной крепи в указанной выше последовательности.

Способ слоевой отработки кимберлитовой трубки с закладкой поясняется схемами: на фиг.1 показан вертикальный разрез кимберлитовой трубки по линии А-А, на фиг.2 показан горизонтальный разрез трубки по линии Б-Б, на фиг.3 показан вертикальный разрез кимберлитовой трубки по линии С-С, где:

- 1 - кимберлитовая трубка;
- 2 - закладочный массив из отработанных слоев;
- 3 - разрезной штрек;
- 4 - пневмобаллонная крепь, установленная в несколько рядов в шахматном порядке, параллельно линии очистных работ;
- 5 - откаточный штрек;
- 6 - вентиляционный штрек;
- 7 - участки слоя с одинаковым эквивалентным пролетом кровли, в разных стадиях очистной выемки (бурение, доставка, закладка);
- 8 - закладочный восстающий;
- 9 - вентиляционный восстающий;
- 10 - автосъезд;
- 11 - рудоспуск;
- $h_{\text{эт}}$  - высота этажа.

Слоевая отработка кимберлитовых трубок в рассечках обладает как характерными преимуществами, так и рядом недостатков. Отработка руды рассечками позволяет наиболее полно отследить контур рудного тела для обеспечения наиболее высокого коэффициента извлечения руды в пределах блока с обеспечением достаточно безопасных условий работ. Недостатком выемки руды в рассечках является высокая трудоемкость ведения закладочных работ, т.к. перед подачей закладочного материала необходимо подготовить каждую рассечку к его приему: зачистить почву, поставить и закрепить закладочные перемычки и т.д. Выемка руды в лавообразной выработке позволит резко сократить число необходимых закладочных перемычек и резко снизить трудоемкость ведения закладочных работ. При этом восходящий порядок выемки позволяет снизить себестоимость добычи руды за счет использования сыпучих закладочных материалов без использования вяжущих. Помимо этого значительно уменьшается влияние компрессионных свойств закладочного массива на параметры сдвижения поверхности за счет уплотнения закладочного массива воздействием передвигающимся по нему самоходным оборудованием или специальными виброукладчиками. Наряду с вышеописанными преимуществами восходящий порядок выемки имеет существенный недостаток - работы ведутся под большим столбом (высотой) кимберлитовой трубки. Этот столб руды в зависимости от физико-механических свойств вмещающих пород практически в любой момент времени может неуправляемо обрушиться и тогда возведенный закладочный массив не сможет эффективно противодействовать этим нагрузкам, что приведет к потере оборудования, работающего в слое (слоевых рассечках), а также к людским потерям. С целью исключения вышеописанного явления каждый слой разбивают на участки 7 с одинаковым эквивалентным пролетом с использованием для поддержания пневмобаллонной крепи 4, установленной в шахматном порядке.

Выполнение условия равенства эквивалентных пролетов участков 7 обусловлено следующими факторами. В горной геомеханике задачу деформирования плиты обычно сводят к двумерной (плоской) задаче деформирования балки, защемленной на двух или одной опоре, т. е. к однопролетной или консольной схемам. Возможность такого подхода была обоснована проф. В.Д.Слесаревым, который ввел понятие «эквивалентный пролет».

Эквивалентным называется пролет балки единичной ширины, параметры деформирования и разрушения которой эквивалентны аналогичным параметрам тонкой плиты в кровле очистной выработки.

Метод В.Д.Слесарева основан на следующих допущениях:

- плита и балка испытывают приблизительно одинаковое напряженно-деформированное состояние в наиболее опасных сечениях, если их гидравлические радиусы равны;
  - всякую выработку, ограниченную по контуру (например, камеру), можно заменить эквивалентной выработкой бесконечно большой длины, кровля которой будет испытывать такие же напряжения и деформации, как кровля камеры;
  - для расчета однопролетной балки, эквивалентной кровле горной выработки, можно использовать графический способ построения кривой давления и математический аппарат теории изгиба, которые применяются в строительной механике для расчетов пролетов;
- кровля горных выработок работает за пределом упругих и упругопластических деформаций (до момента потери её устойчивости).

Под гидравлическим радиусом понимается отношение площади обнажения кровли камеры  $S$  к ее периметру  $\Pi$ :

$$R = \frac{S}{\Pi} = \frac{ab}{2(a+b)},$$

где  $a$  и  $b$  - ширина и длина камеры.

Заменяя для расчета плиту эквивалентной выработкой, можно определить гидравлический радиус выработки бесконечно большой длины:

$$\lim_{b \rightarrow \infty} R_{\infty} = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{ab}{2(a+b)} = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{a}{2\left(\frac{a}{b} + 1\right)} = \frac{a}{2}$$

Отсюда следует, что эквивалентный пролет выработки камерного типа:

$$a = l_{\text{ЭКВ}} = 2R.$$

Таким образом, для расчетов пролетов кровли в выработках камерного типа можно применять теорию изгиба балок, если воспользоваться понятием эквивалентного пролета:

$$l_{\text{ЭКВ}} = 2R = \frac{ab}{a+b}$$

Используя математический аппарат теории изгиба балок, можно определить изгибающие моменты  $M_{\text{изг}}$  в любом сечении балки. С точки зрения определения устойчивости пролета выработки, главный интерес представляют максимальные изгибающие моменты, так как от них зависят величины растягивающих напряжений:

$$\sigma_p = f_1(M_{\text{изг}}) < [\sigma_p]$$

и, следовательно, условие предельного состояния.

При:  $\sigma_p \geq [\sigma_{Tp}]$

происходит образование трещины отрыва, разрушающей балку.

Поперечные силы Q, определяющие величины касательных (сдвигающих) напряжений в плоскостях, параллельных нейтральному слою:

$$T = f_2(Q) < c;$$

при  $T \geq c$  происходят деформации сдвига и послойное разрушение балки.

Проф. А.А.Борисов предложил следующую формулу для определения эквивалентных пролетов, учитывающую закрепляющую нагрузку на опорах в зоне опорного давления и пригрузку нижнего (несущего) слоя вышележащими менее жесткими слоями:

$$l_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\sigma_{\text{изг}}^{\text{H}} h_{\text{H}}}{\gamma_{\text{H}} (1 + K_{\text{п}}) K_{\text{зап}}} - \left( 1 - 0.75 \frac{q_3}{\sigma_{\text{сж}}^{\text{H}} K_{\text{стр}}} \right)},$$

$$q_3 = \gamma_{\text{H}} \frac{S_{\text{грп}}}{S_{\text{ц}}} K_{\alpha}$$

где  $q_3$  - закрепляющая нагрузка;

$l_{\text{экв}}$  - эквивалентный пролет (пролет «бесконечно длинной» камеры);

$h_{\text{H}}$  - мощность нижнего несущего слоя пород в кровле камеры;

$\sigma_{\text{изг}}^{\text{H}}$

- прочность пород нижнего несущего слоя в кровле камеры при изгибе, МПа;

$\sigma_{\text{сж}}^{\text{H}}$

- то же при сжатии, МПа;

$\gamma_{\text{H}}$  - объемный вес пород нижнего слоя, МН/м<sup>3</sup>

$\gamma$  - средний объемный вес налегающей толщи, МН/м<sup>3</sup>;

H - глубина разработки;

$S_{\text{грп}}$  - удельная, т.е. приходящаяся на 1 м длины грузовая площадь, приходящаяся на целик;

$S_{\text{ц}}$  - удельная, т.е. приходящаяся на 1 м длины площадь целика;

$K_{\text{зап}}$  - коэффициент запаса;

$K_{\text{стр}}$  - коэффициент структурного ослабления;

$K_{\alpha}$  - коэффициент влияния угла падения;

$K_{\text{п}}$  - коэффициент пригрузки, принимается в зависимости от соотношения средней мощности пригружающих слоев  $h_i$  и мощности нижнего несущего слоя  $h_{\text{H}}$  в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1	
Коэффициент пригрузки	
$h_i/h_{\text{H}}$	$K_{\text{п}}$
Более 0.8	0.5
0.5-0.8	0.75
менее 0.5	1.0

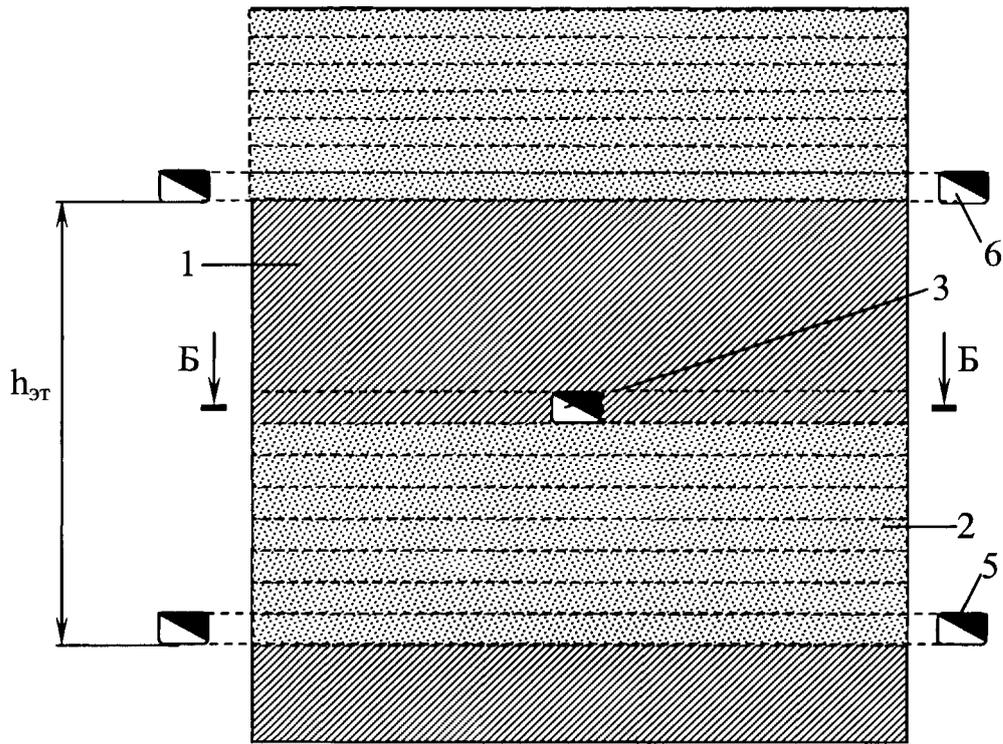
Приведенные выше методики позволяют получить значения пролетов кровли для расчета эквивалентных пролетов. В каждом конкретном случае следует использовать методику, соответствующую рассматриваемым горно-геологическим условиям.

Способ слоевой отработки кимберлитовой трубки с закладкой осуществляют следующим образом. Проводят кольцевые откаточный 5 и вентиляционный 6 штреки. Расстояние между ними по вертикали ограничивают высотой этажа  $h_{\text{эт}}$ . Соединяют их автосъездом 10, рудоспуском 11, закладочным 8 и вентиляционным 9 восстающими. Автосъезд 10 необходим для доступа самоходного оборудования, например самоходной буровой каретки, погрузочно-доставочной техники, анкероустановщика и т.д., к запасам каждого слоя. Производят слоевую выемку руды участками 7 с равными эквивалентными пролетами после проходки слоевого разрезного штрека 3, служащего транспортной выработкой в каждом слое из автосъезда 10 (на фиг.1-3 показаны различные стадии очистной выемки при использовании для отбойки руды буровзрывных работ). Участки 7 слоя имеют одинаковый эквивалентный пролет кровли для обеспечения безопасного ведения работ. Использование пневмобаллонной крепи 4, установленной в несколько рядов в шахматном порядке позволит вести работы единым фронтом в лаве. При этом пневмобаллонная крепь, например Лена-2, позволит эффективно обрабатывать запасы слоя, т.к. обладает целым рядом положительных свойств. Например, при увеличении нагрузки пневмобаллонная крепь 4 увеличивает свою площадь и позволяет исключить точечную нагрузку на рудный и закладочный массивы. Шаг установки пневмобаллонной крепи по продольной и поперечной оси рудного тела определяют исходя из величины горного давления и возможности эффективной и безопасной работы самоходной техники в слое. Руду доставляют к



A-A

$\xrightarrow{C}$



$\xrightarrow{C}$

Фиг. 1